









ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL U. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT U. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILH. HIS UND DR. WILH. BRAUNE,
PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1882.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1882.

ARCHIV

FÜR

PHYSIOLOGIE.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG DES
ARCHIVES FÜR ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

UNTER MITWIRKUNG MEHRERER GELEHRTEN

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND.
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1882.

MIT ABBILDUNGEN IM TEXT UND 19 TAFELN.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1882.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Inhalt.

Das Zuckungsgesetz.

Von

Prof. Ernst v. Fleischl,
Assistenten am physiologischen Institute der Wiener Universität.

I. Allgemeine und einleitende Bemerkungen.

Unter dem Namen „Zuckungsgesetz" fasst man, seit E. du Bois-Reymond, jene Normen zusammen, durch welche das Verhalten motorischer Nerven und der mit ihnen zusammenhängenden Muskeln gegen den elektrischen Strom bestimmt wird.

Solcher Zuckungsgesetze sind viele aufgestellt worden, und ausserdem sind zahlreiche Einzelbeobachtungen bekannt gemacht worden, welche zwar nicht zur Aufstellung von Zuckungsgesetzen verwendet wurden, da die Untersuchungen, während welcher sie gemacht wurden, andere Zwecke verfolgten, welche aber immerhin auch Material zur Abstraction von Gesetzen enthalten.

Unter allen diesen — im Einzelnen oft um die Breite des ganzen Erscheinungsgebietes von einander abweichenden — Zuckungsgesetzen ist das berühmteste das von Pflüger,[1] welches noch heute ganz allgemein anerkannt und gelehrt wird.

In diesem Pflüger'schen Zuckungsgesetze wird der Effect eines galvanischen Stromes auf den Nerven als abhängig dargestellt

1) von der Stärke des Stromes;

2) davon, ob der Reiz durch Oeffnung oder durch Schliessung des Stromes ausgeübt wird;

3) von der Richtung des Stromes im Nerven.

Auf den Zustand des Nerven, auf seine Ermüdung, sein allmäliches Absterben, ist gebührende Rücksicht genommen.

---

[1] Pflüger, *Untersuchungen über die Physiologie des Electrotonus.* Berlin 1859. S. 453 ff.

Ich selbst habe nun in einer Reihe von Abhandlungen[1] ein neues Zuckungsgesetz aufgestellt, welches sich in Uebereinstimmung mit den Erscheinungen befindet, und sich dadurch von den anderen Zuckungsgesetzen unterscheidet.

Das Eigenthümliche dieses Zuckungsgesetzes liegt darin, dass es ausser den Einflüssen der oben aufgezählten Factoren auch noch den Einfluss eines vierten Factors berücksichtigt, welcher für den Effect einer elektrischen Reizung des Nerven ebenso maassgebend ist, wie irgend einer der übrigen. Es ist hiernach nicht zum Verwundern, wenn die anderen Zuckungsgesetze sich nicht im Einklang mit den Erscheinungen befanden; denn wer die Wirkung einer physikalischen Combination voraussagen will, und hierbei ein Moment ausser Acht lässt, welches diese Wirkung ungefähr in der Hälfte aller Fälle umkehrt, wird sich in seinen Erwartungen oft enttäuscht finden.

Dieser vierte Factor, welchen ich berücksichtigte, dieses von den anderen Zuckungsgesetzen ausser Acht gelassene Moment, ist die Lage der vom elektrischen Strom gereizten Nervenstelle gegen bestimmte, ebenfalls von mir aufgefundene, fixe Punkte am Nerven.

Ehe ich jedoch an die zusammenhängende Darstellung dieses Zuckungsgesetzes gehe, muss ich bemerken, dass alle Zuckungsgesetze nur gelten unter der Voraussetzung, dass jene — primären oder secundären — Stromschwankungen, welche bezüglich ihres Reizeffectes miteinander verglichen werden, durch einander geometrisch ähnliche Schwankungscurven dargestellt werden.

Man weiss durch E. du Bois-Reymond,[2] dass die Wirkung des Stromes auf den Nerven wesentlich von der Geschwindigkeit abhängt, mit welcher sich die Stromstärke ändert, kennt aber bisher das Gesetz dieser Abhängigkeit noch nicht. Man ist also gezwungen, bei allen Versuchen über elektrische Nervenreizung, die miteinander verglichen werden sollen, darauf zu achten, dass dieser Factor, dessen Einfluss man nicht bestimmen kann, unverändert derselbe bleibe. Vollständig und wirklich befriedigend wird ein Zuckungsgesetz aber erst dann zu nennen sein, wenn unter den Variablen, deren Einfluss auf die Zuckung es bestimmt, sich auch die Steilheit der Stromschwankung befindet.

---

[1] Fleischl, Untersuchungen über die Gesetze der Nervenerregung, in den *Sitzungsberichten der Wiener Akademie der Wissenschaften.* 3. Abtheilung.

I. Abhandlung: Ueber die Lehre vom Anschwellen der Reize im Nerven. 1875. — II. Abhandlung: Ueber die Wirkung secundärer elektrischer Ströme auf Nerven. 1876. — III. Abhandlung: Das Rheonom. 1877. — VI. Abhandlung: Ueber die Wirkung linearer Stromschwankungen auf Nerven. 1880.

Der Inhalt der IV. und V. Abhandlung liegt diesem Gegenstande fern.

[2] E. du Bois-Reymond, *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Bd. I. 1848. S. 258.

II. Dogmatische Darstellung meines Zuckungsgesetzes.

Der Nerv eines Muskels besteht im physiologischen Sinne aus der Summe aller jener Nervenfasern, welche in den Fasern dieses Muskels endigen. Da es nöthig ist, auch das centrale Ende des Nerven begrifflich zu bestimmen, so hat man sich, so viel ich weiss, dahin geeinigt, das centrale Ende einer jeden Nervenfaser da zu suchen, wo diese zum ersten Male in eine Ganglienzelle eintritt. — Wenn man, unter Zugrundelegung dieser Begriffsbestimmung, den Nerven von seinem Austritte aus dem Muskel gegen das Centrum zu verfolgt, so wird man ihn eine Strecke weit als reinen Nerven dieses Muskels begleiten können, wird ihn dann an andere Nerven sich anlagern und mit ihnen immer dickere Stränge bilden sehen, und endlich seinen Eintritt in das Rückenmark beobachten; und es wird sich nun die Frage erheben, wie lange er im Rückenmark noch Nerv verbleibe. Durch anatomische Methoden ist diese Frage schwer, und einstweilen nur an verhältnissmässig niederen Thieren, mit Sicherheit zu beantworten. Solange man aber noch auf jedesmalige elektrische Reizung eines bestimmten Abschnittes des Rückenmarkes je eine einmalige Zuckung des fraglichen Muskels erhält, kann man — in Ermangelung eines besseren Kriteriums — behaupten, dieser Abschnitt des Rückenmarkes enthalte noch den Nerven dieses Muskels. Die ganze Faserbahn, von der obersten Stelle des Rückenmarkes, welche der genannten Bedingung noch entspricht, bis zum Muskel ist also der Nerv dieses Muskels.

Das Zuckungsgesetz für den Nerven des M. gastrocnemius des Frosches lautet nun folgendermaassen:

A.

Der ganze Nerv zerfällt in drei „Strecken".

Die erste Strecke reicht vom Muskel bis zum Abgang der Aeste für die Oberschenkelmusculatur — also etwa bis zum Eintritt des Nervus ischiadicus in das Becken.

Die zweite Strecke reicht vom Abgang der Aeste für die Oberschenkelmusculatur bis zur Trennung in eine motorische und sensorische Wurzel — also bis zum Ganglion intervertebrale.

Die dritte Strecke reicht vom Ganglion intervertebrale bis zum centralen Ende — begreift also die motorische Wurzel und den im Rückenmark gelegenen Antheil des Nerven in sich.

B.

Jede dieser drei Strecken besteht aus zwei Theilen („oberer und unterer Pol") welche in einem „Aequator" aneinanderstossen. Der Aequator

liegt nicht immer in der Mitte einer Strecke, sondern meist unterhalb der Mitte.

In jedem oberen Pol prävalirt die Empfindlichkeit des Nerven für absteigende Ströme; in jedem unteren Pole die Empfindlichkeit für aufsteigende Ströme.[1] An jedem Aequator ist die Empfindlichkeit für aufsteigende und absteigende Ströme gleich gross.

C.

Der Unterschied in der Wirksamkeit der beiden Stromrichtungen ist für eine Stelle des Nerven um so grösser, je weiter diese Stelle von dem Aequator ihrer Strecke entfernt ist.

An den Enden der Pole, die vom Aequator abgewandt sind, ist dieser Unterschied so gross, dass ein Strom, der in der wirksamen Richtung das Zuckungsmaximum bedingt — ja selbst ein noch viel stärkerer Strom — in der entgegengesetzten Richtung gar keine Zuckung auslöst.

Halbirt der Aequator die zwischen den Elektroden liegende Partie des Nerven, so bekommt man von beiden Stromrichtungen gleiche Effecte; liegt der Aequator zwar zwischen den Elektroden, aber nicht in der Mitte, so prävalirt die Zuckungsregel, welche für den Pol des Nerven gilt, von dem ein grösseres Stück zwischen den Elektroden liegt.

D.

Wird die Continuität des Nerven in einer der Strecken (durch Schnitt oder Ligatur) unterbrochen, so wandert der Aequator dieser Strecke im Allgemeinen mit mässiger Geschwindigkeit in der Richtung gegen den Muskel zu; so dass Punkte, die vor der Trennung im unteren Pole lagen,

---

[1] In seiner Abhandlung über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Nerven hat Helmholtz zwei vereinzelte Beobachtungen mitgetheilt, welche sich ohne Weiteres unter diesen Theil des Gesetzes subsumiren lassen.

Hermann hat später analoge Beobachtungen gemacht und sie durch *ad hoc* angestellte Versuche bestätigt gefunden, so dass er ein Gesetz aussprach, nach welchem bei „oberer Stromlage", d. h. wenn die Elektroden beide weiter vom Muskel entfernt sind, die absteigenden Ströme; bei „unterer Stromlage" die aufsteigenden Ströme wirksamer sind. Hermann hat dieses Gesetz allgemein aufgestellt, ohne die nothwendige Beschränkung auf je eine Strecke. Ihm war der Umstand, dass der Ischiadicus in drei Strecken zerfällt, für deren jede dieses Gesetz richtig ist, unbekannt geblieben; auf den ganzen Nerven angewendet, ist es aber unrichtig. Vergleicht man z. B. den unteren Pol der mittleren von den drei Strecken mit dem oberen Pol der untersten von den drei Strecken, so ist in Wirklichkeit in der „oberen Stromlage" nicht, wie aus Hermann's Gesetz folgen würde, die absteigende Stromrichtung die wirksamere, sondern die aufsteigende; und in der unteren Stromlage ist nicht die aufsteigende Stromrichtung, die nach Hermann die wirksamere sein müsste, thatsächlich wirksamer,

nach und nach immer tiefer in den oberen Pol hinein zu liegen kommen, indem der Aequator über sie hinweg nach abwärts zieht.

E.

Die Stellen, an denen die unterste Strecke an die mittlere und die mittlere Strecke an die oberste stösst („Folgepunkte"), sowie die Stelle des Nerven, welche unmittelbar über seinem Eintritt in den Muskel liegt, sind Orte geringerer „absoluter Empfindlichkeit"; d. h. sie haben, mit benachbarten Stellen verglichen, eine geringere durchschnittliche Erregbarkeit für beide Stromrichtungen.

Dieses sind die Hauptzüge des von mir aufgestellten Zuckungsgesetzes[1] in dogmatischer Darstellung. Bezüglich der angewandten Methoden und vor Allem bezüglich der Nachweise für die Richtigkeit dieser Sätze muss ich auf meine oben (S. 2 Anm. 1) citirten Originalmittheilungen verweisen.

Ich will nur noch ausdrücklich bemerken, dass ich zwar in diesem Resumé nichts gesagt habe, was nicht schon in einer jener Abhandlungen und zwar *explicite* stünde; dass ich hingegen ziemlich vieles hinweggelassen habe, was mir für den nächsten Zweck dieser Darstellung entbehrlich geschienen hat.

III. Der erste Theil der „Prävalenz-Hypothese."

Zu meinem aufrichtigen Bedauern bin ich nämlich gezwungen, hier eine Kritik des jüngst von Stricker[2] aufgestellten Zuckungsgesetzes folgen zu lassen. Es ist nicht nur die Rücksicht auf die Wahrung meiner per-

---

sondern die absteigende. Zu ähnlich verkehrten Folgerungen führt der Hermann'sche Satz, wenn man den oberen Pol der mittleren Strecke mit dem unteren Pole der obersten Strecke vergleicht, oder auch wenn man den oberen Pol der untersten Strecke mit dem unteren Pole der obersten Strecke vergleicht. — Wenn also auch nicht bestritten werden kann, dass Hermann etwas Hierhergehöriges gesehen und dessen Wichtigkeit erkannt hat, so muss doch auf der anderen Seite auf das Bestimmteste behauptet werden, dass das, was er gesagt hat, falsch ist. So wie er geglaubt hat, sind die Dinge nicht. Von sämmtlichen im Texte mitgetheilten und noch mitzutheilenden Punkten meines Zuckungsgesetzes ist dies mit Ausnahme von Punkt E der einzige, in welchem überhaupt eine mir bekannte Beziehung zu vorangegangener Literatur besteht — welche, habe ich eben auseinandergesetzt.

[1] Ganz analoge Gesetze gelten auch für andere Nerven, z. B. für die motorischen Nerven der oberen Extremitäten des Frosches, für den Nerven des Musc. tibialis posticus desselben Thieres.

[2] Stricker, Das Zuckungsgesetz. Nach neuen Untersuchungen dargestellt. *Sitzungsberichte der Wiener Akademie der Wissenschaften.* 1881. Bd. LXXXIV. 3. Abth.)

sönlichen Ansprüche, sondern hauptsächlich die Erwägung, dass Irrthümer um so gefährlicher sind, und deshalb um so dringender der Widerlegung bedürfen, je angesehener die Autorität ist, von der sie vorgetragen werden, welche mich zur Abfassung dieser Kritik veranlasst. Der folgenden Kritik wünsche ich jedoch die Erklärung voranzustellen, dass ich selbstverständlicher Weise nirgend, wo ich von einer Entstellung meiner Lehre spreche, eine absichtliche Entstellung im Auge habe — nirgend, wo ich eine Priorität betone, eine bewusste und absichtliche Verschweigung derselben vermuthe — nirgend, wo ich von Widersprüchen gegen anerkannte Lehren der Physik rede, etwas anderes, als die Constatirung eines Missverständnisses, bezwecke — nichts liegt mir ferner, als nach einer der genannten Richtungen einen Vorwurf oder eine Anklage zu erheben.

Stricker stellt zur Erklärung der Wirkungen des elektrischen Stromes eine Hypothese auf, welche er „Prävalenzhypothese“ nennt. Er sagt S. 2:[1] „Diese Prävalenzhypothese besteht aus zwei Theilen. Der eine Theil sagt aus, dass gewisse Nervenstrecken in ihrer Empfindlichkeit über andere Strecken prävaliren“. Im weiteren Verlaufe erfahren wir, dass Stricker zwei Stellen geringster Empfindlichkeit kennt, zwischen welchen eine Stelle grösster Empfindlichkeit liegt, die er „Kuppe“ nennt. Die beiden Stellen geringster Empfindlichkeit sind: Die Stelle, an welcher die Aeste für die Oberschenkelmusculatur abgehen, und die „tiefste Stelle unmittelbar am Eintritte in die Musculatur“. Dass Stricker der Meinung ist, diese beiden Punkte und ihre Eigenschaft gefunden zu haben, geht aus zahlreichen Aeusserungen hervor, von denen ich beispielshalber bloss eine citire (S. 76): „Nun habe ich jetzt bereits zur Genüge dargethan, dass der Oberschenkelnerv in seinem mittleren Antheile empfindlicher ist, als an den beiden Enden“. Stricker hat dies allerdings zur Genüge oft gesagt, dargethan hat er es nicht, sondern ich habe es vor ihm dargethan, und Heidenhain[2] hat es vor mir dargethan, wie aus der ganzen Heidenhain'schen Abhandlung und aus folgenden Sätzen, welche in meiner II. Abh. S. 8 des Separatabdruckes stehen, hervorgeht: „Eine Nervenstelle von auffallend geringer absoluter Empfindlichkeit haben wir nun in dem alleruntersten Stück des Nerven, unmittelbar vor seinem Eintritte in den Muskel kennen ge-

[1] Ich citire hier die Seitenzahlen aus Stricker's Abhandlung nach dem mir vorliegenden Separatabdruck. Um von ihnen zu den Seitenzahlen des Bandes (s. vorige Anm.) zu gelangen, hat man sie um 6 zu vermehren.

[2] Heidenhain: Die Erregbarkeit der Nerven an verschiedenen Punkten ihres Verlaufes. *Studien des physiologischen Institutes zu Breslau.* 1. Heft. Leipzig 1861. — Heidenhain hat allerdings die Stromrichtung nicht berücksichtigt, und auch das dritte Minimum der Empfindlichkeit noch nicht gekannt; doch gebührt ihm im Wesentlichen hier die Priorität.

lernt. Eine zweite Stelle geringer absoluter Empfindlichkeit liegt an dem oberen Ende der bisher betrachteten Nervenstrecke, also gegen den Abgang der Oberschenkeläste zu.“

Hätte Stricker, wie ich es gethan habe, am unzerschnittenen Nerven gearbeitet, und auch die central vom Beckeneingang gelegenen Partien desselben in seine Untersuchung gezogen, so hätte er gewiss auch „dargethan“, dass an der in der Beckenhöhle gelegenen Strecke des Nerven ebenfalls die beiden Enden unempfindlicher sind als die Mitte, welches Verhalten ich II. Abh. S. 15 mit folgenden Worten schildere: „Das obere Ende des oberen Poles ist die Trennungsstelle in sensible und motorische Wurzel, also die Gegend des Ganglion intervertebrale, das untere Ende des unteren Poles ist die Abgangsstelle der Oberschenkeläste. An diesen beiden Stellen ist die absolute Empfindlichkeit eine merklich geringere.“

Man sieht, dass ich die Abnahme der Empfindlichkeit an den beiden Enden einer jeden „Strecke“ vollkommen genau gekannt und für eine Thatsache von hinreichendem Interesse gehalten habe, um sie gelegentlich der Beschreibung der Eigenschaften meiner „Strecken“ jedesmal in Form eigener Sätze hinzustellen. Nur für das obere Ende der obersten Strecke konnte eine solche Abnahme der Empfindlichkeit nicht constatirt werden, da sich dieses in das Rückenmark hinein erstreckt. —

Ich will diesen Punkt, obwohl er Manchem sattsam aufgeklärt scheinen möchte, nicht verlassen, ohne einem Einwande von vornherein zu begegnen, der sich darauf gründen könnte, dass ich von geringerer „absoluter Empfindlichkeit“ spreche, während Stricker von geringerer Empfindlichkeit schlechthin spricht. In meiner II. Abhandlung definire ich den Begriff der „absoluten Empfindlichkeit“ einer Stelle des Nerven als mittlere Empfindlichkeit derselben gegen beide Stromrichtungen und es könnte scheinen, als wäre die Ansicht nicht ausgeschlossen, dass die Empfindlichkeit für die wirksamere Stromrichtung an einer solchen „absolut“ unempfindlichen Stelle dennoch immer grösser sei, als die einer benachbarten Stelle derselben Strecke, dass aber wegen besonders geringer Empfindlichkeit gegen die unwirksamere Stromrichtung, das Mittel der beiden Empfindlichkeiten geringer sei, als das der benachbarten Stelle. — Stricker, der einen essentiellen Unterschied in der Wirksamkeit der beiden Stromrichtungen bestreitet, kann natürlich die von mir eingeführte Unterscheidung zwischen Empfindlichkeit gegen die oder jene Stromrichtung einerseits, und absoluter Empfindlichkeit andererseits, nicht anerkennen und meint mit „Empfindlichkeit“ selbstverständlich: Empfindlichkeit gegen beide Stromrichtungen. Es erübrigt mir also noch der Nachweis, dass ich die Thatsache gekannt und beschrieben habe, dass der Nerv an diesen unempfindlichen Stellen, speciell

an der, welche an seinem Eintritte in den Muskel liegt, nicht nur im Mittel für beide Stromrichtungen, sondern für jede der Stromrichtungen für sich eine geringere Empfindlichkeit hat. Es geht dieses aber hervor aus einer Stelle in meiner II. Abh. S. 10 u. 11, welche ich hier reproducire. Es ist die Beschreibung einer Versuchsanordnung zum Nachweise der Eigenschaften der untersten von den drei Strecken:

„Nach gehöriger Feststellung der Stromstärke reizt man den Nerven mit dem absteigenden Strom hoch am oberen Pol und lässt den Muskel seine Zuckung aufschreiben. Dann schiebt man die Elektroden etwa um ihre eigene Distanz (die man am besten nicht zu klein, etwa 8 ^{mm} gross, nimmt) nach abwärts und reizt wieder mit demselben Strom in derselben Richtung, verschiebt wieder um dieselbe Strecke, reizt wieder absteigend u. s. w., bis man am unteren Ende angelangt ist. Dann schiebt man die Elektroden wieder ganz hinauf, kehrt die Stromrichtung um und verfährt ganz in derselben Weise ein zweites Mal. Denkt man sich die so geschriebenen Ordinaten auf den Nerven selbst als Abscisse aufgetragen, jede auf die ihr entsprechende Stelle des Nerven und verbindet dann ihre oberen Enden mit einander, so erhält man beide Male eine gegen den Nerven geneigte Linie; hat man mit absteigenden Strömen gereizt, so liegt der Scheitel des Winkels, den diese Linie mit dem Nerven bildet, am Muskelende, hat man mit aufsteigenden Strömen gereizt, so liegt der Scheitel des Winkels am oberen Pol des Nerven. Die auf solche Weise gebildete Linie ist durchaus nicht immer eine exacte Gerade. Besonders beim Reizen mit aufsteigenden Strömen steigt sie vom oberen Pol bis gegen den Aequator hin nur langsam, von da ab rasch an, um in der Nähe des Muskels, wegen der daselbst stattfindenden Abnahme der absoluten Empfindlichkeit wieder zu fallen. Lässt man von dem Punkte, wo die beiden mit gleichen Stromstärken gewonnenen Linien einander schneiden, eine senkrechte auf den Nerven herab, so trifft diese den Nerven im Aequator."

Hiernach wird Niemand mehr daran zweifeln, dass die Unterschiede in der Empfindlichkeit verschiedener Stellen des Nerven nicht von Stricker zuerst bekannt gemacht wurden. —

IV. Der zweite Theil der „Prävalenz-Hypothese".

In unmittelbarem Anschlusse an die S. 6 citirte Stelle sagt Stricker: „Der zweite Theil meiner Hypothese lautet: Der Reizwerth des elektrischen Gefälles, welches von der Kathode zur Anode abnimmt, prävalirt im nor-

malen Nerven über den Reizwerth des Gefälles, welches in entgegengesetzter Richtung abnimmt."

Dem Leser werden hier wahrscheinlich — abgesehen von dem Inhalt — zwei Dinge in dem Ausdrucke dieses Satzes auffallen. Erstens, dass Stricker von zwei entgegengesetzten Gefällen in dem vom Strome durchflossenen linearen Leiter spricht — eine Auffassung, welche ich später beleuchten werde; zweitens, dass von einer Abnahme des Gefälles im linearen Leiter die Rede ist, während doch bekanntlich in einem linearen Leiter das Gefälle überall das gleiche ist. Das Gefälle ist die Neigung einer geraden Linie gegen die Horizontale und diese Neigung ist constant längs der geraden Linie. Stricker, der die Ausdrücke „Gefälle" und „Spannung" überhaupt — aber sehr mit Unrecht — *promiscue* anwendet, meint auch an dieser — und an vielen anderen analogen Stellen — offenbar die Abnahme der Spannungen. Die Versuche, welche Stricker veranlasst haben, den eben angeführten Satz auszusprechen, sind mannigfacher Natur.

Eine Reihe dieser Versuche, welche von Stricker im Gegensatze gegen die von Hermann und mir angestellten „Alternativ-Versuche" „Grund-Versuche" genannt werden, sind folgendermaassen angestellt: Die Oberschenkelstrecke eines Frosch-Ischiadicus wird frei präparirt, nachdem der Frosch in der Gegend des drittletzten Wirbels durchschnitten wurde. Dann wird ein Drahtende in die Weichtheile des Beckens oder des Unterschenkels eingestochen, und mit einem anderen Drahtende der Nerv abgetastet. Die Drähte sind die Pole einer constanten Kette; es wird also die Reizwirkung der Schliessung des Kettenstromes auf den Nerven studirt, und zwar wird sie nach der Heftigkeit der eintretenden Bewegung des Unterschenkels geschätzt. Zur Abstufung der Stromstärken dient ein in der Hauptleitung befindlicher eigenthümlicher Apparat von grosser Einfachheit. Da die von Stricker angewandten Methoden im Zusammenhange besprochen werden sollen, so sei hier nur bemerkt, dass die durch jenen Apparat eingeführten Fehler kaum grösser waren, als die durch jedes übrige Stück der Versuchsanordnung bedingten.

Stricker stellt „Grund-Versuche" an mit fixer Anode und tastender Kathode, und solche mit fixer Kathode und tastender Anode und findet, dass ein Theil dieser Versuche im Einklange steht mit den Alternativ-Versuchen, ein anderer Theil aber diesen widerspricht. Ich werde jedoch zeigen, dass alle „Grundversuche" im vollsten Einklange mit meinem Zuckungsgesetze stehen, sich ohne weiteres aus demselben ergeben, und dass nicht die mindeste Veranlassung vorliegt, aus den „Grundversuchen" etwas anderes zu folgern, als dass mein Zuckungsgesetz sich auch mit sehr primitiven Mitteln nachweisen lässt. Wird nach Stricker der negative Pol am Rumpfe fixirt und der Nerv in seinem Oberschenkeltheile mit dem

positiven Pole abgetastet, so „erweist sich eine untere Nervenstrecke empfindlicher als eine obere“, das heisst: es tritt bei einer gewissen Stromstärke die Zuckung erst auf, wenn der (aufsteigende) Strom auch ein Stück des für ihn empfindlicheren unteren Poles durchfliesst; ebenso, wenn der negative Poldraht in den Unterschenkel eingestochen war, trat erst Zuckung auf, wenn der positive Poldraht ein Stück des oberen Poles des Nerven berührte, da eben der obere Nervenpol für absteigende Ströme empfindlicher ist. Die Uebereinstimmung dieser Grundversuche mit meinem Gesetze hat auch Stricker ohne Weiteres gesehen und anerkannt.

Wenn er hingegen den positiven Pol am Rumpfe fixirte und bei einer gewissen Stromstärke erst dann Zuckung bekam, wenn er bis gegen die Mitte des Nerven mit dem negativen Poldraht vorgerückt war, so findet er dies im Widerspruch mit meinem Gesetze; aber es ist sehr leicht einzusehen, dass auch dieser Versuch im Einklange mit demselben steht. — Je weiter gegen den Aequator Stricker den negativen Poldraht anlegt, desto mehr Antheile des für absteigende Ströme empfindlichen oberen Poles des Nerven reizt er ja bei jedem Stromschlusse; erst wenn schon der ganze obere Pol des Nerven zwischen den Elektroden liegt, werden bei noch weiterem Hinabrücken des negativen Poles Partien des Nerven mitgereizt, welche gegen absteigende Ströme weniger empfindlich sind, da sie im unteren Pole liegen, und dann nimmt ja auch die Wirkung — wie Stricker berichtet — wieder ab. Die Vergrösserung der interpolaren Strecke hat sich also Stricker, wie so Vielen vor ihm, als ein im Allgemeinen den Effect eines Stromes vermehrendes Mittel erwiesen. Die Einbusse an Stärke, die der erregende Strom durch Vergrösserung des Leitungswiderstandes erfuhr, verminderte den Effect des Stromes erst von da an, wo die Vermehrung des Leitungswiderstandes durch Einschaltung relativ unempfindlicher Theile des Nerven hervorgebracht wurde; solange bei Vergrösserung der interpolaren Strecke Theile des Nerven eingeschaltet wurden, welche für die herrschende Stromrichtung empfindlich waren, wuchs der Effect des Stromes trotz der Verminderung seiner Intensität.

Ganz ebenso erklärt es sich, wenn Stricker, als er den negativen Poldraht im Unterschenkel fixirt hatte, und mit dem positiven Drahte den Nerven abtastete, die grösste Wirkung erhielt, nicht bei Anlage des wandernden Poles am unteren Ende des Nerven, sondern etwa von der Mitte des Nerven aus.

Es braucht die Stelle, von der an eine weitere Verschiebung des tastenden Drahtes vom fixen weg keine Vermehrung der Wirkung, sondern eine Abschwächung derselben bedingt, durchaus nicht genau mit dem Aequator zusammenzufallen; denn auch jenseits desselben ist ja der Nerv für die nunmehr ungünstige Stromrichtung nicht absolut unempfindlich, sondern

er ist nur minder empfindlich; seine Empfindlichkeit nimmt ab, je weiter der tastende Pol sich vom Aequator entfernt, — immerhin wird nicht einfach todter Widerstand in die Leitung eingeschaltet; aber von einem gewissen Punkte an bleibt die Reizbarkeit der neu dazu geschalteten Nerventheile so zurück gegen die der schon in der Leitung befindlichen, dass nunmehr die Schwächung des Stromes anfängt, für den Gesammteffect maassgebend zu werden. — Es besteht somit zwischen den angeführten Versuchen und meinem Zuckungsgesetze nicht nur kein Widerspruch, sondern es sind diese Versuchsergebnisse einfach ein Postulat meines Gesetzes.[1]

Ein weiterer Widerspruch gegen meine Zuckungsgesetze soll in Folgendem liegen:[2] „Wenn man den Zinkpol am Rumpfe fixirt, und den Kupferpol wandern lässt, ist der Strom aufsteigend, und dieser aufsteigende Strom übt eine geringere Wirkung aus, als der absteigende, selbst wenn die Anode nahe am Knie liegt, wenn also auch die untere Nervenstrecke erregt ist, die doch nach den Alternativversuchen für den aufsteigenden Strom empfindlicher sein sollte, als für den absteigenden.“

„Fixirt man die Kathode am Unterschenkel, dann ist der Strom absteigend, und dieser absteigende Strom übt eine geringere Wirkung aus, als der aufsteigende, auch wenn die Anode nahe am Becken liegt, und somit auch jene Strecke durchflossen ist, welche nach den Ergebnissen der Alternativversuche für den absteigenden Strom empfindlicher sein sollte als für den aufsteigenden Strom“.

Ich sehe nicht, worin der Widerspruch dieser Versuche gegen das von mir aufgestellte Zuckungsgesetz liegen soll. Befindet sich der ganze untere Pol und ein Theil des oberen Poles zwischen den Reiz-Elektroden, so reagirt der Nerv nach dem für den unteren Pol geltenden Gesetze; befindet sich hingegen zwischen den Reiz-Elektroden der ganze obere Pol und ein Theil des unteren, dann gilt das Gesetz, welches für den oberen Pol gilt. So verlangt es mein Gesetz,[3] und so haben es die Versuche Stricker's ergeben. Denn wenn er seine positive Drahtspitze irgendwo im Becken festmacht und die negative in der Nähe des Knie's anlegt, so ist eben der ganze obere Pol und nur ein Theil des unteren im Stromkreise und es überwiegen die absteigenden Ströme; ebenso, wenn er den positiven Poldraht in den Unterschenkel einbohrt, und den negativen nahe am Becken anlegt, dann ist der ganze untere Pol und nur ein Theil des oberen im Stromkreise, und es überwiegen die aufsteigenden Ströme.

---

[1] Dass sich aus Hermann's Satz diese Versuche nicht erklären liessen, obwohl sein Satz für die Nervenstrecke, um die es sich hier handelt, richtig ist, braucht wohl kaum näher begründet zu werden.

[2] Stricker's Abhandlung S. 31.

[3] Auch diese Versuche bleiben durch Hermann's Satz unerklärt.

In meiner II. Abhandlung S. 9 u. 10 sind diese Versuche, bei welchen fast die ganze unterste Nervenstrecke, das heisst: fast das ganze Stück den Nerven zwischen dem Wadenmuskel und dem Abgang der Oberschenkeläste im Stromkreise sich befindet, genau beschrieben und ich wundere mich um so mehr darüber, dass Stricker sich bei dieser Gelegenheit an die genannte Stelle meiner Abhandlung nicht erinnerte, als er sich wenige Seiten später gerade über diese Stelle aufhält.

Auch ein Versuch, den Stricker S. 29 beschreibt — gelegentlich einer Besprechung der Pfaff'schen Lehre — und den er allerdings nicht als meinem Gesetze widersprechend bezeichnet, versteht sich aus diesem Gesetze von selbst. —

Ich werde nicht behaupten, dass die Stricker'schen Versuchsanordnungen besonders einfache Mittel wären, um die Richtigkeit meines Zuckungsgesetzes nachzuweisen — dafür sind zu viele gleichzeitig variable Grössen in ihnen enthalten: Stromrichtung, Lage der gereizten Strecke des Nerven, Länge der gereizten Strecke, Stromstärke — aber immerhin ordnen sich die Ergebnisse seiner Versuche ohne weiteres, das heisst: ohne dass es nöthig wäre, zu irgend einer neuen Hilfshypothese Zuflucht zu nehmen, unter mein Zuckungsgesetz. Mehr zu behaupten ist aber einstweilen nicht meine Absicht — ich wollte vorderhand bloss zeigen, dass die „Grundversuche" nicht, wie Stricker behauptet, meinem Gesetze widersprechen. Dass Stricker's Satz an sich falsch ist, wird in einem späteren Kapitel nachgewiesen. —

Wie steht es aber mit der Behauptung, welche den zweiten Theil der „Prävalenzhypothese" bildet und welche ich am Anfange dieses Capitels citirt habe? Dem Nachweise ihrer Richtigkeit sollten ja die bisher vorgebrachten Versuche Stricker's dienen, wenn sie ihn auch nicht ausschliesslich zu führen haben.

Nun damit steht es so. Zum Theile stimmen Stricker's Versuche ebenso gut mit meinen Gesetzen, wie mit seiner Behauptung — und in diesen Fällen ist seine Behauptung nichts als ein anderer Ausdruck meiner Gesetze, aber ein unberechtigter, wie gezeigt werden wird; zum anderen Theile stimmen seine Versuche nicht mit seiner Behauptung — für diese Fälle wird dann die Uebereinstimmung durch eine Speculation erzwungen, deren Nichtberechtigung ich ebenfalls nachweisen werde.

Ich will zuerst jenen Theil der Stricker'schen Versuche vornehmen, deren Resultat mit dem Stricker'schen Gesetze übereinstimmt. Es sind dies die „Grundversuche" mit in das Becken oder in den Unterschenkel eingestochenem Anodendraht und einem den Nerven abtastenden Kathodendraht. Hierbei hatte es sich ergeben, dass bei einer gewissen Stromstärke die tastende Kathode nicht zu nahe an der Anode angelegt werden durfte,

wenn Wirkung eintreten sollte — das mittlere Drittel der zwischen Becken und Knie gelegenen Nervenstrecke war das „empfindlichste". Stricker erklärt dies so. In der Gegend seiner Mitte ist der Nerv überhaupt am empfindlichsten (liegt seine „Kuppe"); wirksam als Reiz ist überhaupt nur negative Spannung („Kathodengefälle"); folglich tritt zuerst Zuckung auf, wenn der negative Pol an die empfindlichste Stelle kommt. Jeder sieht aber sofort, dass es ganz gleichgültig ist, ob ich sage: „Die wirksameren Ströme sind in der unteren Hälfte der Strecke die aufsteigenden, in der oberen Hälfte die absteigenden"; oder ob ich sage: „Die wirksameren Ströme sind die, bei denen der negative Pol näher zur Mitte der Strecke liegt als der positive". Ersteres ist mein Ausdruck, letzteres Stricker's Ausdruck. Soweit ist also das Stricker'sche Zuckungsgesetz zwar richtig, aber nur eine identische Umschreibung des meinigen.

Legt Stricker die Kathode fest (im Becken oder im Unterschenkel) und tastet mit der Anode, so muss er die Mitte des Nerven überschreiten, um einen Effect zu bekommen (bei minimaler Stromstärke). Dass dies direct aus meinem Gesetze folgt, habe ich oben nachgewiesen; dass es mit Stricker's Gesetz zunächst unvereinbar ist, sieht man, wenn man bedenkt dass hier ja die Kathode, auf deren Entfernung von der „Kuppe" es ankommt, sich gar nicht gerührt hat; sondern nur die Anode, deren Lage ja gar nichts zu bedeuten haben soll, ihre Lage geändert hat. Stricker sagt: „Ich (Stricker) werde zeigen, dass bei der Anordnung mit wandernder Anode der Strom erst dann wirksam wird, wenn die negative Spannung gross[1] genug[1] ist,[1] um[1] trotz ihrer von der Kathode zur Anode abnehmenden Grösse an der letzteren gross genug ist, um den Nerven zu erregen. Indem ich (Stricker) also bei gegebener Stromstärke die Anode der Kuppe nähere, nähere ich ihr eigentlich die negative Spannung von genügender Grösse, was aber im Principe einer Annäherung der Kathode entspricht".

Diese Erklärung enthält die sehr erklärungsbedürftige Behauptung, dass es auch an der Anode, also am positiven Pole eine negative Spannung giebt — sie fällt zusammen mit der am Eingange dieses Capitels citirten Behauptung Stricker's von zwei gleichzeitigen Gefällen in einer vom Strome durchflossenen Bahn. Da diese höchst frappanten Ansichten durch keinerlei physikalische Gründe unterstützt werden, sondern ihr einziger Beweis darin liegt, dass sie für die Begründung des Stricker'schen Zuckungsgesetzes unentbehrlich sind, so werden sie wohl von Seite der Physiker keine Berücksichtigung finden und ich werde sie deshalb hier näher beleuchten. Zunächst werde ich Stricker's Meinung dem Leser nochmals mit seinen

---

[1] Diese vier Worte stehen offenbar nur durch ein Versehen hier — doch wollte ich am citirten Text keine Aenderungen vornehmen.

eigenen Worten und an der Hand einer aus seiner Abhandlung abgedruckten Zeichnung darstellen, wäre es auch nur, um dem hier gewiss naheliegenden Verdachte zu begegnen, dass diese Lehre, wie ich sie hier wiedergegeben habe, nur auf einem Missverständnisse meinerseits beruhe.

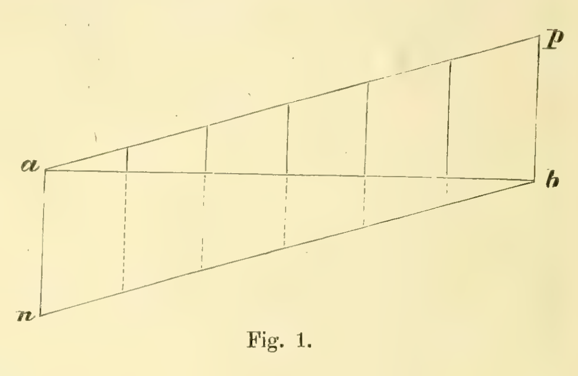


Fig. 1.

a b ist ein nasser Faden zwischen Metallspitzen. *n b* ist das negative Gefälle „wo das Maximum in *a*, *n*, das Minimum aber in *b* liegt, womit implicite gesagt ist, dass es für dieses Gefälle keinen Indifferenzpunkt giebt. Das Gleiche gilt für das positive Gefälle, welches sein Maximum in *b*, *p*, sein Minimum in *a* hat.“[1]

Was Jemand sich unter Elektricität denken will; welcher von den bekannten oder unbekannten Vorstellungen über ihr Wesen er sich anschliessen will — das steht bei ihm. Es ist also zum Beispiel rein Ansichtssache, ob man annimmt, dass durch einen Leiter ein Strom geht, oder dass zwei entgegengesetzte Ströme hindurchgehen — denn wir kennen noch keine Thatsache, welche der einen oder der anderen von diesen Auffassungen unweigerlich widerspricht. „Spannung“ ist aber kein arbiträrer Begriff, sondern hierunter darf Jeder, der das Richtige treffen will, sich nur Eines vorstellen: eine freie Anhäufung dessen, was er Elektricität genannt hat. Wer an zwei Elektricitäten glaubt, sagt: positive Spannung ist Anhäufung der einen, negative Spannung ist Anhäufung der anderen. Spannung ist am Elektroskop unmittelbar nachweisbar — man nennt eben das und nur das Spannung, was am Elektroskop nachweisbar und am Elektrometer messbar ist. Bringe ich einen Punkt eines von einem Strome durchflossenen linearen Leiters in Verbindung mit einem Elektrometer, so bekomme ich, je nachdem der Punkt auf der einen oder anderen Hälfte oder in der Mitte des Leiters liegt, einen Ausschlag nach der einen oder nach der anderen Seite oder gar keinen Ausschlag. Bekomme ich gar keinen Ausschlag, so ist in diesem Punkte auch gar keine Spannung, das heisst: keine freie Elektricität, die sich, bei Berührung mit einem Leiter, auf diesem verbreiten könnte. Es ist wie mit einem schweren Punkte, der sich auf der Verbindungslinie zwischen zwei gleich schweren Massen, die

[1] Dieses Citat und die Figur S. 46 der Stricker'schen Abhandlung.

ihn anziehen, befindet. Ist er genau in der Mitte, so hat er keine Gravitationsspannung, das heisst: er drückt auf eine starre schwerlose Ebene, in der er sich befindet, und welche normal zur Verbindungslinie beider Massenmittelpunkte steht, weder nach der einen Seite, noch nach der anderen Seite. Ist er nicht in der Mitte, so drückt er auf diese Ebene vermöge der stärkeren Attraction von Seiten der näheren Masse. Er hat — sagen wir — positive Spannung. Allerdings zieht ihn die entferntere Masse auch an, es wäre aber ganz falsch zu sagen, dass dieser Punkt deshalb auch negative Spannung hat, denn er drückt nicht gleichzeitig auch in der Richtung nach der entfernteren Masse auf die Ebene die ihn enthält — und so wie der Druck dieses Punktes etwas palpables, direct nachweisbares wäre, so ist es auch die elektrische Spannung in einem Punkte eines Leiters.

Das gleichzeitige Vorhandensein zweier entgegengesetzter — gleicher oder ungleicher — elektrischer Spannungen in einem Punkte ist nach der anerkannten Begriffsbestimmung von „Spannung“ eine physikalische Undenkbarkeit.

Die Stricker'sche Voraussetzung führt übrigens folgerichtig auch zu dieser Consequenz: Da negative Spannung von hinreichendem Betrage nahe an der Kuppe dem Nerven applicirt, diesen reizt, auch dann, wenn diese negative Spannung durch eine gleich grosse positive am selben Punkte aufgehoben oder durch eine grössere überwogen wird: so ist nicht einzusehen, warum nicht die Berührung der Kuppe mit einer Bleistiftspitze oder einem anderen elektrisch indifferenten Körper den Nerven reizt, denn auch in einem solchen Körper ist ja negative Spannung genug vorhanden — nur mit gleichviel positiver zusammen, aber darauf kommt es ja nicht an! Es kann also nicht einmal die Denkbarkeit, geschweige denn die Berechtigung der Stricker'schen Lehre vom doppelten Gefälle und von dem gleichzeitigen Vorhandensein zweier entgegengesetzter Spannungen an jedem Punkte eines vom Strome durchflossenen Leiters zugegeben werden. Hiermit ist aber dem ganzen Stricker'schen Zuckungsgesetz die Basis entzogen; erstens weil der Versuch, das Verhalten von Nerven gegen verschieden gerichtete Ströme nach Stricker's Gesetz zu erklären, ohne diese Hilfshypothese ganz undurchführbar ist; zweitens weil nichts leichter ist, als einen Muskel oder einen ganzen Frosch zucken zu machen durch Application eines Stromes in der Weise, dass der ganze Muskel oder der ganze Frosch an allen Punkten hohe positive Spannungen hat.

V. Vom Einflusse der chemischen Reaction auf die Reizbarkeit von Nerven.

Stricker bringt einen Versuch vor, dessen Ergebniss er für einen directen Nachweis der Prävalenz der Kathodenspannung für den Reizeffect hält. Dieser Versuch besteht in Folgendem:

Es wird ein mit Feuchtigkeit[1] durchtränkter Baumwollfaden in der Länge von einigen Centimetern frei zwischen zwei Drähten ausgespannt; es wird ein sehr starker Strom (12 Siemens-Halske-Elemente) durch den Faden geleitet, und, während der Strom fliesst, der Nerv quer über den Faden gelegt.

Stricker erzählt nun, dass hierbei das Ende des Fadens, an welchem der Strom austritt, sich frischen Nerven gegenüber als wirksamer erwiesen hat. Erst bei Verminderung des Widerstandes, also Verstärkung des Stromes habe sich die Fähigkeit, den Nerven zu erregen, von diesem Ende über den ganzen Faden bis zu seinem anderen Ende verbreitet. Dieser Versuch ist es hauptsächlich, aus welchem die am Schlusse des vorigen Capitels widerlegte Lehre abstrahirt wurde.

Obwohl nun Versuche mit querer Durchströmung des Nerven ganz besonderer Vorsicht bedürfen, und das einfache Niedersenken des Nerven auf den Faden gewiss keine hinreichende Garantie gegen geringe Abweichungen vom rechten Winkel, den beide Stränge einschliessen sollen, bietet — Abweichungen, die doch gerade hier sehr bedeutungsvoll sind — so habe ich doch an der Richtigkeit der mitgetheilten Thatsachen nicht zweifeln mögen. Dafür habe ich allerdings desto gegründetere Bedenken gegen die daraus gezogenen Schlüsse vorzubringen. Zwischen den Versuchsbedingungen und den Versuchsergebnissen liegen nämlich hier noch Zwischenglieder, welche von Stricker nicht berücksichtigt wurden, aus deren Berücksichtigung sich jedoch alles auf einfache Weise erklärt. Diese Zwischenglieder sind: die elektrolytische Wirkung des Stromes auf die Kochsalzlösung, und die physiologische Wirkung der Elektrolyten auf die Erregbarkeit des Nerven. Ueber die elektrolytische Wirkung des Stromes auf die den Faden durchtränkende Flüssigkeit verschafft folgender Versuch eine anschauliche Vorstellung.

Ein mit physiologischer (0·6 $^0/_0$ iger) Kochsalzlösung befeuchteter Baumwollfaden von 3—4 ^{cm} Länge liegt mit seinen Enden auf zwei Platindrähten,

[1] Mit welcher? sagt Stricker nicht. Ich habe angenommen, dass physiologische Kochsalzlösung gemeint ist; auch erwähnt Stricker an einer späteren Stelle, wo ebenfalls von nassen Fäden gesprochen wird, dass diese mit $^1/_2$ procentiger Kochsalzlösung benetzt waren.

durch welche ihm ein Strom zugeleitet wird. Ich habe nicht 12 Siemens'sche sondern nur 2 Grenet'sche Elemente genommen, da auch mit einem um so viel schwächeren Strome der Versuch schon ganz schlagend ist. Nachdem der Strom einige Zeit, etwa zwei Minuten lang, durch den Faden gegangen ist, prüft man die chemische Reaction des Fadens an einem Lakmus-Gypsplättchen.[1] Letztere verschafft man sich bekanntlich so, dass man Gypsbrei auf eine gut geputzte Glasplatte in dünner (1—2 ^{mm} dicker) Schicht ausgiesst und über Nacht erstarren und trocknen lässt, und dann die Gypsplatte, sobald man sie von dem Glas losgelöst hat, mit einer sorgfältig neutral gestellten wässerigen Lakmustinctur tränkt. Für unseren Versuch ist es gut, die Farbe eher ein wenig in's Röthliche spielen zu lassen. Dann lässt man die Platten wieder trocknen. Auf die glatte Oberfläche der Reagirplatte wird nun der Faden, nachdem er vom Strome durchflossen war, gebracht. Doch muss hier durchaus vermieden werden, dass der Faden mit einzelnen Punkten früher, mit anderen später den Gyps berührt, denn bei der raschen Ansaugung der Flüssigkeit durch den Gyps würde hierdurch ein Strömen und sich Vermischen der Flüssigkeit im Faden entstehen. Man bringt also den Faden von den Elektroden erst auf einen Objectträger, an den er sich wegen seiner Feuchtigkeit überall anlegt, kehrt den Objectträger um, und bringt nun seine den Faden tragende Fläche in paralleler Lage auf die Gypsplatte. So wird jedes Feuchtigkeitselement nur von dem unmittelbar darunter gelegenen Gyps aufgesogen. Es entsteht hierbei auf dem Gyps ein Bild des Fadens, welches in der einen Hälfte blau und in der anderen Hälfte roth ist. Die Deutlichkeit und Sättigung beider Farben lässt nichts zu wünschen übrig, und nimmt von der Mitte des Fadens gegen seine Enden hin zu. Es versteht sich von selbst, dass die saure Reaction in der einen Hälfte des Fadens von freier Salzsäure, die alkalische Reaction in der anderen Hälfte von freier Natronlauge herrührt.

Nun war es mir ferner wegen der Analogie mit Flimmerepithelium, Samenfäden u. s. w. und vor Allem anderen mit dem Muskel[2] von vornherein wahrscheinlich, dass saure Reaction die Empfindlichkeit des Nerven herabsetzt, alkalische Reaction sie im Vergleiche hierzu steigert; und directe Versuche haben diese Vermuthung bestätigt.

Ich stellte den Titre einer Salzsäure und einer Natronlauge sorgfältig auf $^1/_{50}$ normal; erstere enthielt also circa $^3/_4$ pro mille Chlorwasserstoff, letztere genau $^4/_5$ pro mille Natriumhydroxyd — die eine war ebenso stark

---

[1] „Liebreich'sche Platten."

[2] Vergl. die vierte Mittheilung von W. Biedermann's Beiträgen zur allgem. Nerven- und Muskelphysiologie. *Sitzungsberichte der Wiener Akademie der Wiss.* Bd. LXXX. 3. Abth. S. 13 und S. 22 ff. des Sep.-Abdr.

sauer, wie die andere alkalisch, da gleiche Volumina beider einander neutralisirten. Diese äusserst schwachen Lösungen füllte ich nun alternirend in einen kleinen passend gestalteten Glastrog ein, durch welchen ein Nervus ischiadicus quer durchgespannt war, der auf der einen Seite mit dem untersten Stücke des Rückenmarkes, auf der anderen Seite mit dem Unterschenkel zusammenhing. Innerhalb des Troges berührten den Nerven an zwei unverrückbaren Punkten die Spitzen meiner Pinselelektroden. Hatte die saure Flüssigkeit den Nerven eine gemessene Zeit hindurch ($^{1}/_{4}{}'-2'$) umspült, so wurde sie mit einer Pipette vollständig aus dem Trögchen aufgesogen, und nun durch Veränderung des Rollenabstandes an einem Inductorium ein Maass für die Empfindlichkeit des Nerven unter den gegebenen Verhältnissen gesucht. Dann wurde die alkalische Flüssigkeit eingetragen, man liess sie so lange einwirken, wie vorher die saure, entfernte sie mit einer Pipette, und fand nun regelmässig die Empfindlichkeit des Nerven erhöht. Er reagirte noch auf Reize von solcher Schwäche, dass der saure Nerv sie längst nicht mehr beantwortet hatte. Wechselt man nun mehrmals mit den Flüssigkeiten, so verliert sich gelegentlich diese Regelmässigkeit, was weiter nicht zu verwundern ist — aber so lange der Nerv einigermaassen frisch ist, zeigt er sich im schwach alkalischen Zustande allemal empfindlicher, als im schwach sauren.

Diese Thatsache, im Zusammenhang mit der früher erwähnten von der Theilung des Fadens in eine saure und eine alkalische Hälfte, scheint mir eine befriedigende Erklärung der von Stricker beobachteten Verhältnisse zu geben. Der Nerv, den Stricker auf seinen nassen, von einem starken Strome durchflossenen Faden quer aufgelegt hatte, ward von wesentlich gleichen elektrischen Verhältnissen betroffen, an welchem Punkte des Fadens er ihn auch über diesen brückte. Hingegen ward er nahe der Kathode des Fadens zugleich alkalisch gemacht, so dass nun ein elektrischer Reiz von gegebener Stärke hinreichen mochte, um ihn zu erregen. Nahe der Anode wurde der Nerv zwar von dem gleichen Reiz betroffen, aber auch sauer, folglich unempfindlicher gemacht, und somit reichte der früher wirksame Reiz jetzt nicht mehr aus, um ihn zu erregen. Wurde der Strom hinreichend verstärkt, so genügte er endlich auch zur Erregung des minder empfindlich gemachten Nerven. Besonders bedenklich wird dieser Einwand werden, wenn man berücksichtigt, dass ein Urtheil über die Wirkung des Auflegens des Nerven auf eine bestimmte Stelle des feuchten Fadens sich wohl kaum auf einmaliges, sondern erst auf wiederholtes Auflegen auf diese Stelle gründen liess, und dass der Nerv also Zeit hatte, sich an der untersuchten Stelle die saure oder alkalische Reaction seiner öfters mit ihm in Berührung gebrachten Unterlage anzueignen. Um nun aber zu erfahren, ob das Stricker'sche Versuchsresultat ganz von den genannten Fehlern

des Versuches herrührt, oder ob, auch wenn man diese Fehler vermeidet bei querer Nervenreizung, ein Ueberwiegen der Kathode des Stromes im Leiter stattfindet, habe ich Versuche gemacht und mich hierbei der trefflichen Anordnung für quere und schräge Nervenreizung bedient, die wir Fick[1] verdanken. Da die Methode Fick's nicht als allgemein bekannt vorausgesetzt werden kann, so sei sie hier kurz angegeben.

Die beiden kurzen Wände eines parallelepipedischen Glastroges werden innen mit amalgamirten Zinkblechen überkleidet, welche sie vollständig bedecken. Der Trog wird mit physiologischer Kochsalzlösung gefüllt. Diese wird, wenn durch die Zinkbleche ein Strom zugeleitet wird, von geradlinigen Stromfäden durchzogen, welche alle parallel den langen Kanten des Troges laufen. Wird nun ein Nervenende oder eine Nervenschlinge in die Flüssigkeit gesenkt, sodass die Richtung der Nervenfasern jene der Stromfäden in einem rechten Winkel schneidet, dann kann man von querer Durchströmung des Nerven reden. (Ist der Nerv nicht senkrecht, sondern schief gegen die Stromfäden gerichtet, so muss noch die Brechung der Stromfäden berücksichtigt werden, wie Tschirjew bemerkt hat.)

Bei Versuchen, welche nach diesem Schema angestellt wurden, zeigte es sich nun, dass es ganz gleichgültig ist, an welchem Ende des Troges sich der Nerv befindet, ob er nahe der Eintrittsstelle des Stromes in den Trog, oder nahe der Austrittsstelle des Stromes aus dem Trog sich befindet; wenn nur alle übrigen Versuchsbedingungen identisch dieselben sind, so sind es auch die Resultate. Nun — in Wirklichkeit gelingt es nicht so leicht identisch gleiche Versuchsbedingungen herbeizuführen — daher kommt es auch, dass man gelegentlich ein scheinbares Ueberwiegen des einen oder des anderen Endes des Troges zu sehen bekommt; doch ist dies keineswegs häufiger zu Gunsten der Kathode als der Anode.

Sonach glaube ich, dass der Behauptung, es sei die negative Spannung, die den Nerven erregt, weiter keine Bedeutung beizumessen ist.

VI. Kuppe und Aequator.

Ich wiederhole nur bereits Gesagtes und Bewiesenes,[2] wenn ich an den Eingang dieses Capitels die Behauptung setze, dass Stricker's Kuppe

---

[1] A. Fick (jun.), *Verhandlungen der Würzburger physikalisch-medicinischen Gesellschaft.* 1876. — Prof. A. Fick, ebenda 1877. Siehe auch: Tschirjew, *Dies Archiv*, 1877. S. 492 ff.

[2] Siehe das IV. Capitel.

nichts ist, als ein anderer Name für den Aequator. Der Punkt, den Stricker „Kuppe“ nennt, hat alle Eigenschaften des Aequators, weil er eben der Aequator ist. Folglich wandert er auch unter den Bedingungen, welche ich hierfür angegeben habe. Stricker giebt dies einigermaassen zu, mit den Worten: „Die Annahme, dass meine (Stricker's) Behauptung von der Wanderung der Kuppe mit der Angabe Fleischl's von der Wanderung des Aequators auf eine und dieselbe Thatsache zurückzuführen sei, ist also nicht unwahrscheinlich.“

Diese Worte stehen aber am Schlusse einer längeren Auseinandersetzung über den Aequator, die eine beträchtliche Entstellung der von mir vorgetragenen Lehre enthält.

Diese Entstellung besteht darin, dass Stricker seinen Lesern sagt, mein Aequator habe eine von mir nicht bestimmte Länge,[1] er sei beliebig lang, so lang, wie eben die Spannweite der Elektroden ist, mit denen man ihn sucht, gelegentlich also so lang, wie der Nerv selbst.

Nun habe ich nicht nur nie etwas derartiges gedacht noch drucken lassen, sondern ich habe auch nirgend Anlass gegeben zu glauben, dass ich etwas derartiges meine; ich habe vielmehr an allen Stellen, wo ich vom Aequator rede, mit hinreichender Deulichkeit gesagt, dass ich darunter einen Punkt im Verlaufe der Nervenstrecke meine.

Dass ich den Aequator auch Indifferenzpunkt nenne, ist Stricker wohl aufgefallen und er erwähnt es, doch lässt er sich dadurch weiter in seinem Missverstehen meiner Worte nicht irre machen.

Ich werde hier nicht alle Stellen citiren, aus denen mit einer Gewissheit, die jede andere Deutung ausschliesst, hervorgeht, dass ich unter dem Aequator einen Punkt in der Strecke verstanden habe, sondern nur einige solche Stellen.

II. Abh. S. 6: „Hat man den Aequator gefunden, so bezeichnet man ihn dadurch, dass man den Nerven in der Mitte[2] zwischen den beiden Elektroden mit einer in Zinnober oder Russ getauchten Nadel berührt.“ Wie lang ist die Mitte?

II. Abh. S. 9: erzähle ich einen Versuch, bei welchem die Elektroden einen constanten Abstand von 12 ^{mm} von einander haben: wir „suchen den Aequator, markiren ihn durch etwas Zinnoberstaub und verschieben, indem wir alles andere ungeändert lassen, die Elektroden um 3 ^{mm} am Nerven

---

[1] Besser wäre, zu sagen: „Breite.“

[2] Dafür, dass ich den Aequator gerade in die Mitte lege, kann ich allerdings keinen beweisenden Grund angeben. Man wird, da er sicher zwischen den Elektroden liegt, bei dieser Annahme um so weniger fehlen, je geringer deren Abstand von einander ist.

hinauf. Der Aequator liegt noch immer zwischen den Elektroden, aber er theilt jetzt ihren Abstand in dem Verhältnisse wie eins zu drei.“ Um dies thun zu können, wie lang darf er sein?

Siehe ferner noch die S. 7 u. 8 abgedruckte Stelle meiner II. Abh., welche nach meinem Urtheile ein Missverständniss unverständlich macht.

Stricker sagt, weil ich mit einem Elektrodenpaare den Nerven abtaste, bis ich gleiche Wirkungen von entgegengesetzten Strömen bekomme, „so darf ich (Stricker) vermuthen, dass er (Fleischl) sich diesen Indifferenzpunkt so lang gedacht hat, als die Spannweite seiner Elektroden.“

Abgesehen davon, dass ich nie etwas einen Punkt nenne, was ich mir lang denke, scheint mir dieser Schluss Stricker's nicht ganz correct. Weil ich zum Suchen des Aequators etwas gebraucht habe, was eine Länge hatte, muss deshalb mein Aequator dieselbe Länge oder überhaupt eine Länge haben?

Wenn ich zwei gleiche Gewichte, die durch einen starren Stab in constanter Entfernung von einander gehalten werden, auf einem Hebel so lange herumschiebe, bis dieser (den ich mir schwerlos denke) horizontal steht, so habe ich damit seinen Drehpunkt gefunden; ist letzterer aber deshalb so lang wie der Stab zwischen den Gewichten?

VII. Ein Experimentum crucis zwischen dem Zuckungs-Gesetz Stricker's und dem des Verfassers.

Da Stricker sich bei den Versuchen, aus welchen er sein Gesetz abgeleitet hat, auf die Oberschenkelstrecke beschränkt hat, so stelle ich mein Experimentum crucis auch an dieser an.

Ich präparire also den Nerven in dieser Strecke frei.

Ich lege die Spitzen eines Paars unpolarisirbarer Pinselelektroden[1], die eine unverrückbare Distanz von 4^{mm} von einander haben, etwas über der Mitte dem Nerven an.

Ich suche die Rollendistanz am Inductions-Apparat, bei welcher der Oeffnungsstrom untermaximale Zuckungen auslöst.

Ich finde den absteigenden Strom wirksamer.

Hieraus schliesse ich, dass ich oberhalb des Aequators reize; Stricker schliesst hieraus, dass er oberhalb der Kuppe reizt.

---

[1] Ich habe mich ganz gegen meine Grundsätze in diesem Falle auch herbeigelassen den Versuch ein paar Mal mit Metallelektroden (Platindrähten) zu machen, weil Stricker hierauf Werth legt. Der Erfolg ist derselbe.

Jetzt sind die Vorbereitungen zu Ende und es folgt der Versuch.

Die Elektroden werden einmal in der Stellung, die sie jetzt haben, Stellung 1 der Figur, gelassen und es wird mit dem aufsteigenden Strome gereizt; hierbei liegt die Kathode um die Distanz $k_1\,0$ vom Aequator entfernt. Dann kommen die Elektroden in die Stellung 2 der Figur und es reizt derselbe Strom wie früher, aber absteigend. Die Distanz der Kathode vom Aequator ist jetzt gleich $k_2\,0$.

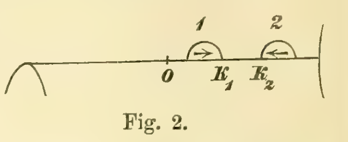


Fig. 2.

Da die negative Spannung in k_1 so gross ist, wie in k_2; und da k_1 der „Kuppe" näher liegt, als k_2; so folgt aus Stricker's Zuckungsgesetz, dass die Stellung 1 die wirksamere ist.

Aus meinem Zuckungsgesetze folgt, da wir uns im oberen Pole befinden und hierselbst die absteigenden Ströme viel stärker wirken, als die aufsteigenden, dass die Stellung 2 die wirksamere ist.

Der Versuch ergiebt, dass die Stellung 2 die wirksamere ist.[1]

Hieraus folgt, dass Richtung des Stromes und Lage der gereizten Strecke gegen den Aequator maassgebend sind für den Effect und nicht der Ort der Kathode, dass somit Stricker's ganze Lehre falsch ist.

Nun muss ich aber einer Verwirrung, die zwar nicht wahrscheinlich aber doch denkbar ist, von vornherein vorbeugen. Der Ort der Kathode ist nicht maassgebend für den Effect; das hindert aber nicht, dass die Erregung des Nerven selbst — so viel wir wissen bei jeder Lage der Elektroden — immer von der Kathode ausgeht. Diese Erkenntniss hat aber wieder mit der Stricker'schen Lehre nichts zu schaffen — erstens besagt sie etwas ganz anderes als diese, und zweitens war sie längst vor Stricker bekannt und anerkannt. Sie war durch Pflüger zuerst ausserordentlich wahrscheinlich gemacht, und ist durch Fick's[2] zeitmessende Versuche zur Gewissheit erhoben worden.

Dass die Lehre, welche besagt, dass die Erregungswelle bei jeder Reizung von der Kathode ausgeht, einen ganz anderen Inhalt hat, als jene Lehre, welche den Ort der Kathode als maassgebend für den Reizeffect darstellt, geht — wenn dies überhaupt eines Beleges bedarf — schon aus dem

[1] Aus Hermann's Satz, der ja für diese Strecke ganz richtig ist, lässt sich der Erfolg dieses Versuches nicht vorhersehen, denn aus seinem Satz lässt sich der Effect der Verschiebung der Elektroden nicht übersehen. Wohl aber aus dem meinigen. Siehe abermals die S. 7. u. 8 citirte Stelle.

[2] A. Fick (sen.), Ueber den Ort der Reizung an schräg durchströmten Nervenstrecken. *Würzburger Verhandlungen u. s. w.* Neue Folge. Bd. X. S. 220—233.

enormen Einflusse, welche die Länge der interpolaren Strecke auf den Effect hat, zur Genüge hervor.

VIII. Ueberblick über die Methoden Stricker's. Schluss.

Die Stricker'schen Methoden bestehen ihrem Wesen nach aus Folgendem:

1) Gereizt wird mit Drahtspitzen.

2) Abgestuft werden die Ströme durch eine Wasserleitung von veränderlicher Länge, in welche Platindrähte tauchen.

3) Beurtheilt wird der Effect der Reizung nach dem Augenmaass.

Wie man sieht, sind Einfachheit und Bequemlichkeit die Hauptvorzüge dieser Methoden.

Ad 1) Ueber die Nothwendigkeit, sich bei physiologischen Versuchen unpolarisirbarer Elektroden zu bedienen, will ich hier kein Wort verlieren Wer die neuesten Ansichten von Männern, wie E. du Bois-Reymond und Helmholtz über diesen Gegenstand zu erfahren wünscht, der lese den von Prof. Christiani herausgegebenen Bericht der „Verhandlungen des Pariser Congresses über Elektrophysiologie und Elektrotherapie.“ Der Nachweis, den Stricker für die Zulässigkeit der „metallischen Bewaffnung“ des Nerven bringt, würde voraussichtlich an den Ansichten der Physiologen über diesen Gegenstand nichts ändern, selbst wenn die in jenem Nachweise herangezogenen Sätze über elektrische Polarisation richtig wären.

Ad 2) Die constanten Ströme, deren Schliessung und Oeffnung als Reize dienen, leitet Stricker durch Röhren, die mit Wasser angefüllt sind. In die Röhren tauchen Platindrähte ein, welche sich tiefer einsenken oder wieder herausziehen lassen. Stricker sagt S. 10: „Ob die schwachen Ströme, welche hier in Betracht kommen, in dem gebräuchlichen — gewiss nicht absolut reinem — destillirtem Wasser eine Elektrolyse einleiten, mag dahingestellt bleiben, denn wenn auch eine Elektrolyse stattfindet, sie wirkt auf unsere Versuche, wie mich vielfache Prüfungen überzeugt haben, nicht störend ein.“

Es bleibt nicht „dahingestellt,“ ob schwache Ströme, die durch Wasser gehen, dieses zersetzen, denn es ist längst ausgemacht, dass sie es thun, da bekanntlich Leiter zweiter Ordnung nur durch ihre Zersetzung leiten. Würde in dem Wasser keine Elektrolyse eingeleitet, so ginge auch kein Strom durch. So geht durch absolut reines Wasser, in welches ein Daniell'sches Element mit Platinelektroden eintaucht, wirklich kein Strom. Zwei Daniell, deren elektromotorische Kraft zur Wasserzersetzung unter diesen Bedingungen ausreicht, geben einen Strom. Dass also Polarisation eintrat in jenem Wasser-Rheostaten, unterliegt gar keinem Zweifel. Sie wirkte

aber nicht um so weniger störend, je geringer die elektromotorische Kraft der passirenden Ströme war, sondern im Gegentheile, desto mehr störend — wie aus der Lehre von der Polarisation ohne weiteres hervorgeht.

Ad 3) Dass man, wo es sich um die Vergleichung von Quantitäten handelt, nicht schätzen, sondern messen soll, ist, so viel ich weiss, ein anerkannter Grundsatz der exacten Wissenschaften.

Die Nachtheile, welche Stricker dem graphischen Verfahren vorwirft, sind kaum begründet. Das Plus von Zeit, welches die Präparation für dieses Verfahren erheischt, zählt nach Secunden; während dieser paar Secunden liegt übrigens selbstverständlich der Nerv in Muskelmassen eingebettet, das schadet ihm gewiss weniger, als die Beize in der Säure oder Lauge an einer Metallspitze. Die Haut ziehe ich schon lange nicht mehr von dem am Myographion schreibenden Muskel ab — ich lasse ihm eine Hose.

Dass ich es endlich nicht für gerechtfertigt halten kann, am zerschnittenen Nerven zu arbeiten, habe ich in meinen Abhandlungen sattsam begründet.

Trotz aller dieser Einwände bin ich aber doch schliesslich mit Stricker einverstanden, wenn er meint, die Grundphänomene des Zuckungsgesetzes liessen sich auch ohne besondere Vorsichtsmaassregeln nachweisen. Ist dies aber ein Grund, alle diese Vorsichtsmaassregeln zu vernachlässigen? Ich glaube nicht. Es handelt sich ja nicht darum, alles so bequem wie möglich zu machen, sondern vielmehr darum, alles so gut wie möglich zu machen.

Wenn ich in vorstehender Abhandlung die Richtigkeit des Stricker'schen Zuckungsgesetzes bestritten und die Richtigkeit des meinigen urgirt habe, so bin ich mir trotzdem dessen sehr deutlich bewusst, dass mein Zuckungsgesetz nur einen vorübergehenden Werth hat.[1] Es enthält keine Erklärung von Thatsachen, sondern ist nur ein kurzgefasster Ausdruck, eine Zusammenfassung von Thatsachen. Jeden Tag kann eine Thatsache gefunden werden, welche eine andere Fassung des Gesetzes bedingt. Hoffentlich bringt ein solcher Fund bald eine tiefere Einsicht in den Zusammenhang der Erscheinungen, und ermöglicht, statt eines Zuckungsgesetzes eine Zuckungstheorie aufzustellen.

---

[1] Den Versuch, die Einzelheiten desselben aus den elektrotonischen Verhältnissen zu erklären, welche durch die abgeschnittenen Nebenäste des Nerven eingeführt werden (siehe u. A. Grützner in *Breslauer ärztl. Zeitschr.* 1881. Nr. 11, woselbst übrigens auch an unzerschnittenen Nerven Punkte mit den Eigenschaften meiner „Folgepunkte" nachgewiesen sind) kann ich nicht als ganz gelungen bezeichnen, da mein Gesetz ja auch für die oberste Strecke (motorische Wurzel und Rückenmarksverlauf des Nerven) nachgewiesen ist, unter Umständen, welche jede Anlegung von Querschnitten ausschliessen. (S. meine II. Abh. S. 15.)

Notiz über ein Sinus-Rheonom.

Von

Prof. Ernst v. Fleischl,
Assistenten am Wiener physiologischen Institute.

Vor mehreren Jahren, als ich mit der Construction des Ortho-Rheonoms[1] beschäftigt war, machte ich auch noch andere Versuche, welche dasselbe Ziel hatten, nämlich die Herstellung einer Vorrichtung, welche gestattet, Intensitätsschwankungen von bekannter und beherrschbarer Steilheit in elektrischen Strömen hervorzubringen. So construirte ich auch ein Sinus-Rheonom, machte mit demselben einige Versuche, die mich nicht befriedigten, und beschäftigte mich mit diesem Apparate, der annoch in der Instrumentensammlung unseres Instituts aufbewahrt wird, dann nicht weiter.

Da jedoch, wie ich aus Prof. Christiani's[2] Bericht über die „Verhandlungen des Pariser Congresses über Elektrophysiologie und Elektrotherapie" entnehme, von den Vorschlägen, welche gelegentlich der Erwähnung des Ortho-Rheonoms und seiner Leistung von zwei Mitgliedern der Commission behufs Erreichung eines ähnlichen Zweckes gemacht wurden, der Eine mit jenem Sinus-Rheonom im Principe grosse Aehnlichkeit besitzt, so möchte ich jetzt eine kurze Beschreibung dieses Instrumentes geben, wenn auch nur, um Anderen die Erfahrungen, welche ich damit gewonnen habe, nutzbar zu machen.

Ich bewickelte eine hölzerne Kugel, die mit einer verticalen Axe drehbar war, parallel einem ihrer Meridiane mit wenigen Lagen dicken isolirten Kupferdrahtes — sämmtliche Windungen waren somit parallel einer Vertical-Ebene.

---

[1] *Sitzungsberichte der Wiener Akademie der Wissenschaften.* 1877. Bd. LXXVI. 3. Abth. S. 138 ff.

[2] *Separatabdruck aus der „Elektrotechnischen Zeitschr."* 1881. 2. Oct. S. 3.

Diese Kugel befand sich concentrisch in einer Hohlkugel aus möglichst dünnem Holze. Die Hohlkugel bestand aus zwei Hälften, die durch einen verticalen Schnitt von einander getrennt waren, und mittels eines Falzes aneinandergepasst werden konnten. Oben und unten hatte jede der Halbkugeln einen halbkreisförmigen Ausschnitt, um die Axe, auf der die innere Kugel stak, durchzulassen. Jede der Halbkugeln war nun für sich mit vielen Lagen feinsten Inductionsdrahtes bewickelt und zwar so, dass alle Windungen dem Rande der Halbkugel parallel liefen. Diese Windungen bildeten eine Kugelschale von circa $1^1/_2{}^{\text{cm}}$ Dicke. Es waren im Ganzen gegen 2^{km} Inductionsdraht verwendet, mit einem Widerstande von etwas über 700 S. E. — Der Durchmesser der inneren Kugel betrug $4 \cdot 5^{\text{cm}}$, die beiden Durchmesser der Kugelschale betrugen 6 und 9^{cm}.

Waren die beiden Halbkugeln zusammengestellt und in concentrischer Lage gegen die innere Kugel befestigt, und die Drahtenden gehörig untereinander verbunden, dann wurden die beiden freien Enden des Inductionsdrahtes mit den Reizelektroden verbunden. Die beiden Enden des dicken inducirenden Drahtes, der die innere Kugel bedeckte, waren dicht an der Axe mit dieser durch das obere Loch der äusseren Kugel herausgeführt und entnahmen den primären Strom zwei Quecksilberkreisrinnen. Durch einen Schnurlauf wurde nun die inducirende Kugel in rasche, gleichmässige Rotation versetzt, während ein starker constanter Strom ihre Windungen durchfloss. Wie ohne weiteres klar ist, wurden hierbei in dem äusseren Gewinde Ströme inducirt, deren Intensitäten so schwankten wie der Sinus eines gleichmässig wachsenden Bogens.

Nachdem ich erfahren hatte, dass 12—15 Umdrehungen (in der Secunde) der inneren Kugel, deren Draht von dem Strome zweier grosser Bunsen'scher Elemente durchflossen war, gar keinen Effect an dem Nerven eines sehr empfindlichen Nerv-Muskel-Präparates hervorbrachten, stellte ich das Instrument zur Seite. Gewiss liesse sich durch Verstärkung des primären Stromes und durch Vergrösserung der Rotationsgeschwindigkeit schliesslich ein Effect erreichen — doch glaube ich nicht, dass eine derartige Vorrichtung dann für die Zwecke sehr nützlich wäre, um derenwillen sie eigentlich erfunden wurde. Eher liesse sich vielleicht durch Vermehrung der Windungen auf der äusseren Kugel noch etwas gewinnen.

Ich will zum Schlusse noch bemerken, dass ich diese Construction bisher vollständig verschwiegen habe, weil sie mit der Construction des Kohlrausch'schen Sinus-Inductors[1] eine unverkennbare Aehnlichkeit hat. Statt

---

[1] F. Kohlrausch, Ueber die Wirkungen der Polarisation auf alternirende Ströme und über einen Sinus-Inductor. Poggendorff's *Annalen* u. s. w. Jubel-Bd. S. 290. ff.

des Magnetes in diesem Instrumente befindet sich eben in dem meinigen ein Solenoid; und dann ist die Kugelform der Drahtgewinde in meinem Instrumente vielleicht als ein Vorzug zu betrachten. Das von Joubert vorgeschlagene Instrument scheint mir nun, soviel ich aus der kurzen Andeutung in Christiani's Referat schliessen darf, mit Kohlrausch's Instrument eine noch grössere Aehnlichkeit zu haben.

Wien, 14. November 1881.

Ueber den Verlauf der Vasomotoren im Rückenmark.

Von

Dr. Regas Nicolaides.

Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig.

Dass gegenwärtig noch die Angaben über die Wege von einander abweichen, auf welchen die Gefässnerven durch das Rückenmark hindurchziehen, dürfte vorzugsweise den unzulänglichen Mitteln der Beobachtung zuzuschreiben sein. Wenn die vorher engen Gefässlichtungen sich nach der halbseitigen Durchschneidung des Rückenmarks erweitern, so verlaufen unzweifelhaft in der verletzten Bahn Gefässnerven. Ob aber zu dem nämlichen Bezirk auch noch aus der anderen Rückenmarkshälfte Gefässnerven hinzutreten, bleibt unbekannt und die fehlende Aufklärung ist durch den weitergeführten Markschnitt auch nicht zu gewinnen, weil nach der Zertrennung beider Rückenmarkshälften der Blutdruck zu tief herabsinkt um die erschlaffte Wandung merklich ausdehnen zu können. — Um den Umfang des Gefässbezirkes zu begrenzen, der von einer Rückenmarkshälfte verengende Nerven enthält, bediente man sich bei den hierhergehörigen Versuchen der sichtbaren Ausdehnung der Gefässlichtung und der Temperaturmessung. Prägen sich die beiden Zeichen deutlich aus, und treten sie namentlich zusammen auf, so leisten sie den gewünschten Dienst; ist aber die Aenderung der Röthung und des Wärmegrades eine nur mässige oder sieht man sich auf eine geringe Schwankung im Thermometerstand allein beschränkt, so bleibt die Aussage zweifelhaft. Darum konnte es geschehen, dass eine Reihe von Erscheinungen, welche alle Beobachter nahezu übereinstimmend beschrieben haben, durch Schiff eine Auslegung gefunden hat, welche der von Bezold und Vulpian[1] gegebenen geradezu widerspricht.

[1] Schiff, *Untersuchungen zur Physiologie des Nervensystems.* 1855. S. 195 ff. — v. Bezold, *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie.* Bd. IX. — Vulpian, *Sur l'appareil vaso-moteur.* I. 1875. S. 198 ff.

Grössere Sicherheit und ausgedehntere Anwendung als die bisher ausschliesslich geübte Methode, stellt ein anderes Verfahren in Aussicht, das mir Hr. Professor C. Ludwig zur Auffindung des Verlaufes der Gefässnerven durch das Rückenmark hin vorschlug; dasselbe setzt an die Stelle der künstlichen Lähmung die Reizung der Nervenbahnen durch den Inductionsstrom.

Um mit der Reizung vorgehen zu können, durchschnitt ich an Kaninchen, welche mit Curare vergiftet und der künstlichen Athmung unterworfen waren, das Halsmark innerhalb des zweiten Wirbels, versah den Querschnitt mit zweien nur um wenige Millimeter von einander abstehenden Elektroden aus Platindraht, befestigte dieselben auf bekannte Weise an Knochen und Haut und vernähte die Wunde. Darauf legte ich im unteren Theile des Brustmarkes unter Anwendung des Schutzmessers einen zweiten jetzt aber nur halbseitigen Schnitt an. Durch die Ausführung des zweiten Schnittes liess sich entscheiden, ob die am Halsmark angebrachte Reizung nur auf der Körperseite, welcher die unverletzte Rückenmarkshälfte angehörte oder beiderseits Folgen hervorrief.

Zur Beobachtung der zu erwartenden Gefässverengung musste ein Ort gewählt werden, dessen Vasomotoren ausschliesslich unterhalb des zweiten der angelegten Schnitte aus dem Rückenmark entsprangen und der ausserdem die Folgen der Reizung unzweideutig hervortreten liess. Aus beiden Gründen empfahlen sich die Nieren. Beiderseits lassen sich dieselben bequem und ohne Störung ihres Kreislaufes blosslegen, mittels eines in der Bauchlage des Thieres durch die Haut und Rückenfascien geführten Schnittes; hervorgehoben, glänzen sie wie Carmin so lange das Blut zuströmt und sie erblassen zu einem lichten Grauroth wenn sich ihre Schlagadern schliessen. Ihre Nerven gehen an der Grenze zwischen Brust und Lende aus dem Mark hervor, wovon man sich leicht durch Reizung des Halsmarkes nach vorausgegangener Durchschneidung tieferliegender Abschnitte des Rückenmarkes überzeugen kann. War das Rückenmark zwischen dem elften und zwölften Brustwirbel vollständig zerschnitten, so wurde während der Reizung des Halsmarkes die Farbe der Nieren nicht im geringsten geändert; sie erblasste dagegen vollständig wenn der untere Schnitt das Mark zwischen dem ersten und zweiten Lendenwirbel getroffen hatte. Hieraus erwächst für mein Vorhaben insofern ein Vortheil, als sich die tiefer gelegene halbseitige weit entfernt von der oberen vollständigen Zerschneidung des Markes anlegen und dadurch der letzte Rest des Verdachtes beseitigen lässt, als ob von dem elektrischen Strome, der das Halsmark durchsetzte, sich ein Antheil in die unterhalb des halbseitigen Schnittes gelegenen Theile erstreckt habe. Ein hierauf zielender Verdacht würde jedoch auch dann grundlos gewesen sein, wenn man das Mark statt in den unteren in den oberen Brustwirbeln

eingekerbt hätte, denn es waren die reizenden Ströme schwach und die zuführenden Elektroden standen nur um wenige Millimeter von einander entfernt. — Obwohl eine hinter dem Schutzmesser ausgeführte Durchschneidung schon eine grosse Sicherheit für die Durchführung der beabsichtigten Verletzung gewährt, so habe ich nach Beendigung des Versuches noch wiederholt das Rückenmark herausgenommen, gehärtet, mit Eosin gefärbt und in Schnitte zerlegt um das Gelingen der Operation unter dem Mikroskope zu bestätigen. Stets zeigte sich, dass die eine Hälfte des Markes vollständig durchtrennt, indess die andere bis auf eine geringe Verletzung der grauen Masse unversehrt geblieben war.

In vielfachen Beobachtungen, an sechs sorgfältig vorbereiteten Kaninchen, verstopfte die genügend starke Reizung des Halsmarkes den Blutstrom in beiden Nieren; nicht bloss in der Niere, welche der Körperhälfte mit unverletztem Brustmark angehörte, sie unterbrach ihn auch in der Niere der Seite, auf welcher das Brustmark durchschnitten war. Obwohl nun das endliche Ergebniss der Reizung, das Erblassen, auf beiden Nieren erschien, so trat es doch nicht gleichzeitig und unter gleichem Ablauf ein. Die Niere der gesunden Seite verlor ihre Röthe zuerst und gleichmässig auf ihrer gesammten Oberfläche, die unterhalb der Wunde des Brustmarkes befindliche begann erst später und zunächst nur fleckenweise zu erblassen. Um der letzteren die rothe Farbe durchweg zu nehmen, musste die Reizung des Halsmarkes länger andauern, zuweilen sogar um ein geringes verstärkt werden.

Die deutliche und regelmässige Wiederkehr des geschilderten Ergebnisses lässt keinen Zweifel daran aufkommen, dass auf jeder Hälfte des Rückenmarkes Nerven von den Muskeln beider Nierenarterien emporsteigen, jedoch mit der Beschränkung, dass sich die Niere von den Fasern der gleichnamigen Hälfte des Rückenmarks in einer strengeren Abhängigkeit als von der ungleichnamigen befindet. Ob man den Grund hierfür in ungleichen Zahlen oder in einer verschiedenartigen Reizbarkeit der Fasern zu suchen hat, muss dahingestellt bleiben.

Als Beitrag zur Lösung der Frage, ob die Fasern, welche die beiden Hälften des Rückenmarks zu einer Nierenarterie hinsenden, innerhalb des Hirns auf verschiedene Weise ausmünden, schien der Reflexversuch geeignet. Bekanntermaassen liegt der Ort, an welchem die Erregung der sensiblen Nerven reizend auf die Gefässnerven wirkt, im verlängerten Marke. Allerdings können auch schon im Rückenmark Reflexe auf die Vasomotoren ausgelöst werden, aber ihre Leistungen sind, wie ich aus eigener Erfahrung weiss, zu gering um für den vorliegenden Zweck in's Gewicht zu fallen. Geht also jeder stärkere Reflex auf die Gefässnerven vom verlängerten Mark aus, so kann die Reizung sensibler Nerven an einem Thiere, dessen Halsmark halbseitig durchschnitten ist, uns darüber belehren, ob die der ober-

halb des Schnittes ausgelöste Erregung sich auf die in einer Rückenmarkshälfte verlaufenden Vasomotoren der Niere beschränkt oder ob sie auch auf die Fasern der anderen Seite hinübergreift. An zwei mit Curare vergifteten Kaninchen, deren Halsmark innerhalb des zweiten Wirbels halb zerschnitten war, beobachtete ich die freigelegten Nieren, während die sensiblen Nerven je einer Hinterpfote mit Inductionsströmen gereizt wurden. Der Erfolg der reflectorischen glich dem der unmittelbaren Reizung des Halsmarkes; die Niere der gesunden Seite erblasste vollständiger, die der verletzten später und nur stellenweise. An der geringen quantitativen Abweichung zwischen den Leistungen der directen und der reflectirten Reizung wird man keinen Anstoss nehmen dürfen, weil die erstere eine unzweifelhaft grössere Stärke als die letztere erreichen kann. Dazu kommt das spätere Eintreten der Entfärbung auf der Seite der Verletzung; die Muskeln dieser Nierenarterie beginnen ihre Zusammenziehung sonach erst dann, wenn sich der Druck in der Aorta schon beträchtlich erhoben hat und ihrem Bestreben die Gefässlichtung zu verengen einen grösseren Widerstand entgegensetzt. Keinenfalls wird die schwächere Ausprägung der deutlich vorhandenen Erscheinung genügen, um darüber einen Zweifel aufkommen zu lassen, dass die in beiden Hälften des Rückenmarks zur Niere herabsteigenden Fasern innerhalb der Medulla oblongata von denselben sensiblen Nerven aus reflectorisch zu erregen seien.

Was durch meine Versuche für die Gefässe der Niere erwiesen ist, ihre doppelseitige Abhängigkeit vom Rückenmark, braucht selbstverständlich nicht für alle anderen Gefässgebiete zu gelten; die Niere mit ihrem eigenartigem Bau, beansprucht vielleicht eine besondere Stellung, indess die Gefässnerven aller anderen paarigen Organe dem Gesetz folgen, das v. Bezold und Vulpian freilich mit Unrecht als das allgemeingiltige erklärten.

Der Beweis dafür, dass noch anderen Gefässgebieten als dem der Niere aus beiden Rückenmarkshälften Nerven zufliessen, ist so leicht, wie es scheinen könnte, nicht zu erbringen. Was mit der Niere gelingt, versagt an anderen Orten. Nach vollkommener Durchschneidung des Halsmarkes fallen die Arterien der Haut, selbst die starke Art. saphena magna des Kaninchens, zu feinen Strängen zusammen, sodass die sichere Entscheidung, ob ein nervöser Reiz auf die Muskelringe gewirkt habe, nur dann zu geben ist, wenn die Lichtung der Arterie und damit der feine rothe Streifen ganz verschwindet. In einigen Versuchen, die ich unter Benutzung von Aesten der Lumbalarterie in der Bauchhaut und der Art. saphena magna angestellt habe, gewann es den Anschein, als ob das an der Niere beobachtete Verhalten auch für sie Geltung habe, aber andere Male traten wieder Zweifel auf.

Hoffnungsvoller, als die unmittelbare Beobachtung blossgelegter Arte-

rien paariger Hautorte während der Reizung des durchschnittenen Hals- und eingekerbten Brustmarkes, schien mir die Bestimmung des Zuwachses, welchen der arterielle Blutdruck nach halbseitiger Durchschneidung des Rückenmarks innerhalb des zweiten Halswirbels durch die Reizung sensibler Nerven erfährt. Die Wahl des Blutdruckes als Kennzeichen für die Ausbreitung der Reflexe gründet sich auf den bekannten Satz, dass der in den grossen Arterien vorhandene Druck sich um so mehr dem für den Zufluss des Blutes verfügbaren annähert, in je grösserer Zahl sich die kleinen Arterien verengt haben und je kraftvoller dieses an jeder einzelnen geschehen ist. Hieraus folgt, dass dem Ansteigen des arteriellen Druckes alsbald eine eine Grenze gesetzt würde, wenn die Wände eines grossen, der Hälfte sich nähernden Antheils aller Ausflussmündungen in Erschlaffung verharrten, indess der Durchmesser der noch übrigen sich bis auf einen verschwindenden Werth verminderte. Gesetzt also, es hätten die Muskelringe der Arteriolen einer Körperhälfte nach der halbseitigen Durchschneidung des Halsmarkes ihren Tonus eingebüsst, und es würde der letztere nicht im erhöhten Maasse zurückkehren, während der Reflex erzeugenden Wirkung einer sensiblen Erregung, so müsste der Blutdruck, welcher durch Reizung einer Pfote hervorzubringen wäre, bedeutend höher vor als nach der Halbirung des Halsmarkes ausfallen.

Bestände dagegen nach halbseitiger Trennung des Halsmarks zwischen den auf der verletzten Hälfte liegenden Gefässen noch eine Verbindung mit den vasomotorischen Centren, ähnlich wie in der Niere, so würde durch Einleitung eines Reflexes der arterielle Druck, wenn auch nicht vollkommen, doch nahe zu so hoch wie bei unverletztem Rückenmark emporzutreiben sein. Dass in den zum Vergleich gestellten Fällen keine volle Gleichheit zu erwarten ist, ergiebt sich, weil auch an der Niere die reflectorisch eingeleitete Gefässcontraction auf der verletzten Seite, hinter der auf der unverletzten zurückstand, und auch abgesehen hiervon, weil die Versuche während halbseitiger Durchschneidung des Markes erst an die Reihe kommen, nachdem die am Reflex betheiligten irritabeln Gebilde schon durch die vorausgegangenen Reizungen ermüdet sind.

Bei der Ausführung der Reflexversuche wurde, wie schon oben erwähnt, mit schwachen Reizen begonnen und selbstverständlich nach minutenlangen Pausen zu stärkeren fortgeschritten; hierbei wurde wiederholt bemerkt, dass der erste viel schwächere Inductionsstrom weit mehr vermochte, als alle späteren weit stärkeren. Dieser Umstand macht das Auffinden der Abhängigkeit zwischen der Intensität des reizenden Inductionsstromes und der reflectorischen Leistung unmöglich und verhindert, was für die vorliegende Absicht störender ist, die methodische Aufsuchung der obersten Grenzwerthe des Blutdruckes. Auf einen solchen Grad von Sicherheit, wie

ihn die directe Reizung gewährt, hat man von vornherein zu verzichten. Ausserdem kommt bei der Vergleichung der Reize die vor und nach der Halbirung des Halsmarkes geübt wurden, die Aenderung der Reizbarkeit in Betracht. In Uebereinstimmung mit älteren Beobachtungen weisen auch die meinen nach, dass, wenn vor der halbseitigen Durchschneidung des Halsmarkes beiderseits gleiche Erregbarkeit der sensiblen Nerven bestand, sie nach derselben sich sehr abweichend stellt; auf der Seite der gesunden Markhälfte ist sie niedriger, auf der der verletzten dagegen höher geworden. Aus der regelmässigen Wiederkehr dieses Verhaltens in allen meinen Beobachtungen scheint mir schon hervorzugehen, dass die Hyperästhesie der auf der gleichen Seite mit und hinter der zerschnittenen Markhälfte gelegenen sensiblen Nerven sich eben so gut wie in den Muskeln des Skelets auch in denen der Gefässe ausprägt. Zudem kam es die ausgesprochene Ansicht bestätigend in meinen Versuchen öfter vor, dass ein Reiz schwächeren Grades, welcher vor der Durchschneidung des halben Markes unwirksam geblieben war, nach derselben von den Pfoten der verletzten Seite aus eine bedeutende Erhöhung des arteriellen Druckes bewirkte, was ich deshalb zu bemerken nicht unterlasse, weil es von Fr. Miescher[1] nur einmal beobachtet wurde.

Hat man den Kennzeichen, die das Manometer liefern kann, vor anderen den Vorzug gegeben, so ist es nicht mehr statthaft, das Rückenmark an seinem oberen Ende mit Inductionsströmen zu reizen, nachdem dasselbe tiefer unten halbseitig durchschnitten ist. Denn in der Anordnung, die der Versuch nun annimmt, hat er überhaupt nur eine Bedeutung, wenn man die Hälfte der sämmtlichen Vasomotoren vor der unmittelbaren Einwirkung der Inductionsströme bewahrt; und deshalb müsste man den Halbschnitt nur um Weniges entfernt von dem zweiten Halswirbel anlegen. In Folge hiervon wäre der Verdacht nicht abzuweisen, dass sich von den mangelhaft isolirbaren Elektroden aus ein Stromzweig bis jenseit des Halbschnittes in den unverletzten Theil des Rückenmarkes hinein erstrecken werde. Verlegt man den Angriffspunkt der Inductionsströme von dem Halsmark an die sensiblen Nerven einer Pfote, so verzichtet man allerdings auf den Gebrauch des Ortes, von dem aus die Vasomotoren am wirksamsten gereizt werden können, aber dafür nimmt nun der Versuch eine vollkommen vorwurfsfreie Gestalt an. Denn ein Einwand den man gegen ihn aus der reflectorischen Befähigung des Rückenmarkes erheben könnte, ist, wie schon oben gesagt, und wie leicht zu beweisen, nicht triftig. Dass in der That der Reflex, welcher nach Halbirung des Halsmarkes den arteriellen Druck noch bedeutend emportreiben konnte, im verlängerten Marke ausgelöst

[1] *Arbeiten des physiologischen Instituts zu Leipzig.* 1870.

wurde, ist sogleich deutlich, wenn der Schnitt, welcher bisher nur die eine Hälfte des Halsmarkes betroffen, auf die andere ausgedehnt wird. Sowie dieses geschehen bewirkt die Reizung der Pfote entweder gar kein oder nur ein kaum merkliches Ansteigen des Blutdruckes.

Vorbereitung und Durchführung der Versuche stellen sich auf der eben entwickelten Grundlage folgendermaassen: das Thier kann unvergiftet oder nach Einleitung der künstlichen Athmung mit Curare vergiftet zum Versuch herangezogen werden; durch die vier Pfoten desselben werden je zwei Nadeln aus Platin in der Entfernung von etwa 1 ^{cm} gestossen und dort auf Korken unverrücklich festgebunden, dann wird der Druck in der Carotis gemessen je einmal bevor die Pfote gereizt wurde, und ein anderes Mal während der Zuleitung von Inductionsströmen bei einem Abstande der Rollen, der notirt und hinreichend befunden worden ist, um während einer gegebenen Reizungszeit den Blutdruck bedeutend empor zu treiben. Ist unter Innehaltung der Vorschriften über Dauer und Stärke der Reizung die Beobachtung an den vier Pfoten durchgeführt, so wird nun das Rückenmark im zweiten Halswirbel blossgelegt und nach Eröffnung des Durasackes auf dem Schutzmesser halbseitig durchschnitten. Nach einer Ruhe von wenigen Minuten werden wiederum die Blutdrücke vor, während und nach der Reizung der einzelnen Pfoten gemessen.

Bei der Durchführung dieser Versuche stellt sich gleich anfangs eine sehr auffallende Thatsache heraus. Der Druck, welchen sich das arterielle Blut nach geschehener Halbirung des Halsmarkes bewahrt, ist nur sehr wenig von dem verschieden, welchen er vor der angebrachten Verletzung besass. Hierfür sprechen die folgenden Zahlen:

Nummer des Kaninchens.	Arterieller Druck in Millimetern Quecksilber.	
	Halsmark unversehrt.	Halsmark halb durchschnitten.
1	132 bis 112	106 bis 92
2	108 „ 104	98 „ —
3	106 „ 102	92 „ —
4	110 „ 102	90 „ 86
5	100 „ 82	90 „ 70
6	114 „ 94	86 „ 72
7	93 „ 73	81 „ 66
8	110 „ 94	68 „ —

Nach den halbseitigen Durchschneidungen, über welche hier berichtet wurde, hatte sich der arterielle Druck gar nicht, oder, wo es geschehen,

nur sehr wenig gesenkt. Wie auffallend muss es erscheinen, dass die Lähmung der ersten Hälfte sämmtlicher Gefässnerven so wenig vermag, während nach der Durchschneidung des ganzen Markes der Druck so tief absinkt?

Auf die Pfoten der acht Kaninchen, von denen soeben die Rede war, wurden mehrfache und verschieden starke Reize angebracht; da von den hierbei erzielten Steigerungen des Blutdruckes nur die höchsten Werthe von Belang sind, so kann ich mich auf die Mittheilung derselben beschränken.

B. 1a. Rückenmark unversehrt. Von 118 ^{mm} gestiegen auf 184 ^{mm} und später von 132 ^{mm} auf 200 ^{mm}.
1b. Rückenmark halb durchschnitten. Von 104 ^{mm} gestiegen auf 164 ^{mm}.

D. 2a. Rückenmark unversehrt. Von 104 ^{mm} gestiegen auf 122 ^{mm}.
2b. Rückenmark halb durchschnitten. Von 98 ^{mm} gestiegen auf 126 ^{mm}.

E. 3a. Ohne Curare. Rückenmark unversehrt. Von 102 ^{mm} gestiegen auf 136 ^{mm}.
3b. Rückenmark halb durchschnitten. Von 92 ^{mm} gestiegen auf 116 ^{mm}.

G. 4a. Rückenmark unversehrt. Von 110 ^{mm} gestiegen auf 160 ^{mm}; später von 104 ^{mm} auf 120 ^{mm}.
4b. Rückenmark halb durchschnitten. Von 90 ^{mm} gestiegen auf 136 ^{mm}.

F. 5a. Ohne Curare. Rückenmark unversehrt Von 100 ^{mm} gestiegen auf 124 ^{mm}.
5b. Rückenmark halb durchschnitten. Von 90 ^{mm} gestiegen auf 126 ^{mm}.

A. 6a. Rückenmark unversehrt. Von 102 ^{mm} gestiegen auf 150 ^{mm}; später von 114 ^{mm} auf 116 ^{mm}.
6b. Rückenmark halb durchschnitten. Von 86 ^{mm} gestiegen auf 120 ^{mm}.

C. 7a. Rückenmark unversehrt. Von 78 ^{mm} gestiegen auf 186 ^{mm}; später auf 164 ^{mm}.
7b. Rückenmark halb durchschnitten. Von 80 ^{mm} gestiegen auf 160 ^{mm}.

H. 8a. Rückenmark unversehrt. Von 100 ^{mm} gestiegen auf 160 ^{mm}.
8b. Rückenmark halb durchschnitten. Von 64 ^{mm} gestiegen auf 106 ^{mm}.

Aehnlich wie in der Ruhe stellt sich sonach auch während der sensiblen Reizung das Verhältniss zwischen den arteriellen Drücken des Thieres

mit unverletztem und mit halb durchschnittenem Halsmark. In der Regel trieb der Reflex den Druck etwas höher hinauf vor als nach der Abspaltung der halben Summe aller Körpernerven von dem verlängerten Marke, aber der Unterschied fiel, den 8. Versuch ausgenommen, nicht bedeutender aus, als er auch bei verschiedenen auf einander folgenden Reizungen während unversehrten Markes zur Erscheinung kam.

Unabhängig von allen Folgerungen die man daraus ziehen will, steht also fest, dass der Druck im Inneren der grossen Arterien sich auch dann noch auf einer beträchtlichen Höhe behauptet, wenn die tonischen oder reflectorischen Erregungen die vom verlängerten Marke ausgehen, den Muskeln der Gefässe statt von der ganzen nur noch von der halben Anzahl sämmtlicher Vasomotoren zugeführt werden können und wenn, wie aus der Röthung zahlreicher Gebiete auf der Körperhälfte mit durchschnittenem Marke hervorgeht, der Gefässbaum thatsächlich einen wesentlichen Theil seines normalen Tonus eingebüsst hat.

Darf man die an den Gefässen jeder Niere nachgewiesene Abhängigkeit von den beiden Rückenmarkshälften auch noch anderen paarigen Arterien zutheilen — denn für die unpaarigen kann sie nicht geläugnet werden — so lässt sich, wie ich glaube, das in dem obigen Satze zusammengefasste Verhalten des Blutstromes begreifen. Empfangen die Verzweigungen einer Arterie von jeder der beiden Rückenmarkshälften Nerven, so werden sich die letzteren in die Muskeln der ersteren theilen, indem, nach der Länge des Gefässes gerechnet, von der gleichseitigen Markhälfte der grössere und von der ungleichseitigen die geringere Summe der Muskelringe versorgt wird. Werden die auf der gleichnamigen Seite entspringenden Nerven gelähmt, so dehnt der Blutdruck die Arterie in dem grösseren Theile ihres Verlaufes aus und es können danach auch die kürzeren in mässigem Grade tonisirten Strecken in die Erweiterung hineingezogen werden, wegen des stärkeren auf sie einwirkenden Zuges. Wächst aber die Erregung in den Nerven, die aus der unverletzten Markhälfte hervorgehn, so werden die Muskelringe durch die grössere Kraft ihrer Zusammenziehung den Blutdruck überwinden und damit trotz ihrer geringeren Zahl den Strom zu stauen vermögen, da es für das Stocken desselben gleichgiltig ist, ob der Verschluss der Bahn an vielen oder wenigen Orten stattfindet.

Doch darum, weil die Hypothese aus Gründen der Analogie wahrscheinlich, und die aus ihr gezogene Folgerung zur Erklärung der Erscheinungen ausreichend ist, darf sie noch nicht als bewiesen gelten. Hoffen wir, dass durch die Auffindung eines entscheidenden Versuches die schwebende Frage zum Abschluss kommt.

Die Wirkung des Muscarins auf die Circulationsorgane.

Von

Cand. med. Franz Högyes.

Aus dem physiologischen Institute zu Klausenburg.

Mitgetheilt von **Ferd. Klug.**

Schmiedeberg und Koppe[1] schlossen aus Untersuchungen, welche sie an Fröschen gemacht, „dass die musculomotorische Kraft des Herzens durch das Muscarin nicht vernichtet, sondern nur unterdrückt, in ihrer Thätigkeitsäusserung gehemmt ist"; das Gift versetze den Vagus, bezüglich in dem Herzen selbst gelegene hemmende Apparate, in eine hochgradige Erregung, so dass das Herz wie bei elektrischer Reizung zum Stillstande kommt. Das Muscarin soll die hemmenden Apparate im Herzen stetig schwach reizen und durch die Summirung der Nachwirkung dieses Einflusses soll eben deren Erregung jenen Grad erreichen, welcher zum Hervorrufen eines dauernden Herzstillstandes nothwendig ist.

Diese Deutung der Erscheinungen am Herzen bei Muscarinvergiftung traf wohl hie und da auf Widerspruch, ist aber dennoch von den meisten Forschern als zutreffend anerkannt. Von den abweichenden Ansichten sei an dieser Stelle nur erwähnt, dass Luciani[2] die Wirkung verschiedener Herzgifte, unter diesen auch die des Muscarins, nicht auf einen gesonderten Einfluss der betreffenden Stoffe auf hemmende und beschleunigende Nervenpartien, sondern überhaupt auf Veränderungen eines automatischen Nerven-

[1] Schmiedeberg und Koppe, *Das Muscarin.* Leipzig 1869.

[2] *Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig.* VII. Jahrgang. S. 192.

apparates zurückführte. Petri[1] erklärt die Muscarinwirkung noch unter dem Einflusse der Arbeiten von Schmiedeberg indem er sagt, dass dieses Gift in einer bestimmten Dose ($^1/_2$ ^{mgrm}) die hemmenden Apparate im Herzen reizt, in grösseren Dosen oder bei andauernder Wirkung aber dieselben lähmt; allein Olga Sokoloff[2], die, wie Petri unter Luchsinger's Leitung, die Wirkung mehrerer Gifte auf das Herz untersuchte, beschränkte sich in ihren Untersuchungen bloss auf die Beobachtung des Einflusses der betreffenden Stoffe auf die vom Herzen selbst entwickelten motorischen Antriebe, so wie auf die in dem Vagus dem Herzen zugesandten Hemmungsnerven, weil „die im Herzen selber gelegenen Hemmungscentren überhaupt in Frage gestellt sind". Schliesslich seien noch die Untersuchungen von Gaskell[3] erwähnt, nach welchen das Muscarin die abgeklemmte Herzspitze in diastolischen Stillstand eben so versetzt wie etwa eine Milchsäurelösung. Nach dem Verfasser ist demzufolge die Wirkung des Muscarins auf das Herz ganz analog der der Säuren; das Gift bringt das Herz zum Stillstande nicht durch Reizung der Hemmungsapparate, sondern durch Lähmung des Herzmuskels.

Nach unseren Erfahrungen scheint in der That jener complicirte Nervenapparat, zu dessen Annahme Schmiedeberg durch die Untersuchung der Wirkung verschiedener Giftstoffe geführt wurde,[4] in dem Herzen nicht vorhanden zu sein. Dieser Umstand führte mich schon früher zur Untersuchung des Einflusses einiger Gase und des Digitalins auf die Herzinnervation und ich fand in der That keine Erscheinung, welche die Annahme besonders hemmender Ganglien im Herzen begründet hätte. Hiezu kam, dass ich mich überzeugte, dass die Vagusfasern in dem Herzen nicht in Nervenzellen enden, sondern mit den Nervenfasern der in dem Vagus eingelagerten Zellen ein Geflecht bilden, dessen Endfasern untereinander und mit den Muskelzellen in Beziehung treten.[5] Alles dies bewog mich, auch das Muscarin, jenes Gift, über dessen Wirkung die Ansicht vorherrscht und in den Lehrbüchern[6] allgemeine Aufnahme fand, dass dasselbe in dem Herzen befindliche gangliöse Hemmungscentren reize, in seinem Einflusse auf die Herzinnervation einer eingehenden Untersuchung zu unterziehen. Mit der

[1] *Beiträge zur Lehre von den Hemmungsapparaten des Herzens.* Bern 1880. Inaugural-Dissertation.

[2] *Physiologische und toxicologische Studien am Herzen.* Bern 1881. Inaugural-Dissertation.

[3] *Journal of physiology.* Vol. III. p. 48.

[4] *Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig.* V. Jahrgang. S. 41.

[5] *Dies Archiv. Anatomische Abtheilung.* 1881. S. 330.

[6] Namentlich auch in L. Hermann's *Handbuch der experimentellen Toxicologie.* S. 344.

Untersuchung wurde Hr. Franz Högyes betraut, der dieselbe auch mit der grössten Ausdauer durchführte.

Das Muscarin welches wir benützten bezog ich von Dr. Schuchardt in Görlitz, wo dasselbe nach den Angaben von Schmiedeberg und Harnack dargestellt worden war. Die Versuche wurden im Winter 1880—81 in derselben Reihenfolge und mit Hülfe derselben Versuchsmethoden gemacht, deren ich mich bei meinen Untersuchungen des Einflusses des von Merk in Darmstadt bezogenen Digitalins auf die Herzinnervation bedient hatte.[1] Die folgenden Zeilen enthalten in kurzen Zügen die erhaltenen Versuchsergebnisse.[2]

1) Vor allem waren wir bestrebt, den Einfluss des Muscarins auf die quergestreiften Muskelfasern zu ermitteln. Zu diesem Zwecke vergifteten wir Frösche mit grossen Giftdosen (2—10 ^{mgrm}) sowohl ohne weitere Eingriffe, als auch nach vorangegangener Durchschneidung des einen Ischiadicus, ferner nach Unterbindung der einen Art. iliaca, und prüften dann die Reizbarkeit der Nerven und Muskeln derselben. Dann machten wir auch an curarisirten Fröschen Versuche, um den Einfluss des Muscarins auf die Erregbarkeit der Muskeln bei Ausschluss der Nerven zu beobachten.

Diese Untersuchungen lehrten, dass bei mit Muscarin vergifteten Fröschen die directe Erregbarkeit der Muskeln grösser ist als die indirecte; der vom Nerven aus gereizte Muskel brauchte einen stärkeren elektrischen Reiz als der direct gereizte um zu zucken; bei gleich starken untermaximalen Reizen war die Zuckungscurve des direct gereizten Muskels grösser als die des von seinem Nerven aus gereizten. Hatten wir die eine Art. iliaca zuvor unterbunden, dann erschienen die Muskeln der vergifteten hinteren Extremität bedeutend reizbarer, wie die der unvergifteten. Dieses Ansteigen der Erregbarkeit der quergestreiften Muskeln erreichte bereits 5—10 Minuten nach der Einspritzung des Giftes eine bedeutende Grösse und war 2 Stunden nachher noch zu beobachten, während der Frosch sonst ganz leblos schien. Das Muscarin steigerte also die Erregbarkeit der quergestreiften Muskelfasern.

2) Um die Wirkung unseres Giftes auf das Nervensystem zu beobachten, injicirten wir einem Frosche (R. esculenta) von 60 ^{grm} Körpergewicht 10 ^{mgrm} Muscarin unter die Rückenhaut. Bereits eine Viertelstunde

---

[1] *Dies Archiv.* 1880. S. 457.

[2] Sollte Hr. L. Hermann auch bezüglich dieser Untersuchungen, wie bei dem Referiren über meine Versuche mit Merk'schem Digitalin in Hofmann-Schwalbe's *Jahresberichten* finden, dass dieselben grösstentheils Bekanntes bestätigen, dann bedaure ich nur, dass Hr. Hermann unterlassen hat, das was beide Mittheilungen, meiner Meinung nach Neues enthalten, in seinem *Lehrbuch der experimentellen Toxicologie* mitzutheilen.

nach der Injection konnte das Thier freigelassen werden, ohne dass es freiwillig zu entspringen gesucht hätte; der Frosch sass ruhig, nur wenn er berührt wurde, sprang er davon, doch in auffallend träger Weise. Nach einer weiteren Viertelstunde fehlte jede freiwillige Bewegung. Wurde die hintere Extremität gereizt, so erfolgte nur ein Zucken derselben, ohne dass das Thier sich vor dem Angriffe zu flüchten getrachtet hätte; auf den Rücken gelegt wandte sich der Frosch um; die Hornhaut war empfindlich. Fünfundvierzig Minuten nach der Injection lag der Frosch auf dem Bauche da, mit geschlossenen Augen, wie im Schlafe; störten wir ihn in seiner Ruhe, etwa dadurch dass wir mit einer Nadel seine Nasenschleimhaut irritirten, so hob er etwas seinen Kopf, öffnete die Augen, verfiel aber nur bald von neuem in den früheren Zustand. Eine Stunde nach der Muscarininjection folgte auf Reizung der Zunge oder des Gaumens nur eine geringe Zuckung der Hinterfüsse, sonst aber rief beispielsweise Berühren der Cornea keine Reflexerscheinung hervor; nach wenigen Minuten blieb jeder Eingriff unbeantwortet.

Aus diesem Versuche sieht man, wie das Gift die Lebensäusserungen des Frosches immer mehr herabsetzt, ja, in genügend starken Gaben angewandt, denselben tödtet. Dem Absterben gehen keine eine gesteigerte Erregbarkeit andeutende Symptome voraus. Die ganze Kette der Erscheinungen deutet auf eine Lähmung des Nervensystems durch das Gift, fraglich ist es nur, ob diese Lähmung nicht eine Folge des Herzstillstandes, der Unterdrückung der Blutcirculation ist. In der That sind Schmiedeberg und Koppe der Meinung, dass das Muscarin so starke Störungen des Blutkreislaufes und bei Säugethieren auch der Respiration verursacht, dass zufolge dessen die Allgemeinerscheinungen und der Tod eintreten; directe Veränderungen der Function des Gehirns und Rückenmarkes, selbst wenn solche vorhanden wären, würden dadurch der Beobachtung entzogen.[1] Die folgenden zwei Versuche sind übrigens geeignet in Bezug hierauf jeden Zweifel zu beseitigen:

Einer 60 ^{grm} schweren R. esculenta werden 10 ^{mgrm} Muscarin gelöst in 0·5 ^{ccm} Wasser durch die äussere Bauchvene in das Herz injicirt. Das Thier wurde nach der Injection sogleich matt, lag auf dem Bauche, zog seine ausgestreckten Glieder nicht willkürlich zurück, nur gekneipt zuckten sie schwach; auf den Rücken gelegt konnte sich der vergiftete Frosch nicht umwenden. Nach ferneren zwei Minuten waren die Augen geschlossen; gereizt, hob das Thier etwas den Kopf. 6 Minuten nach der Muscarininjection erfolgte auf Kneipen der Fussspitzen keine Bewegung mehr, nur die Augen öffnete der Frosch noch etwas, schloss dieselben aber, sobald die

[1] A. a. O. S. 69.

Cornea berührt wurde. 10 Minuten nach der Injection des Giftes hob das Thier zeitweise den Kopf, öffnete den Mund, verfiel aber bald wieder in seinen schlafähnlichen Zustand. Schliesslich, nachdem seit der Injection 15 Minuten vergangen waren, fehlte jede freiwillige Bewegung, auf Reize folgten sehr schwache Reflexbewegungen; das Herz schlug in der Minute achtmal.

Einem zweiten ähnlich grossen Frosche wurde kein Muscarin injicirt, dafür aber das Herz freigelegt und unterbunden. Eine Viertelstunde nach diesem Eingriffe sass das Thier mit offenen Augen, sprang zeitweise fort und war bestrebt, nach jeder Berührung zu entfliehen. Nach einer weiteren Viertelstunde waren spontane Bewegungen noch immer häufig. 45 Minuten nach der Unterbindung des Herzens war die Haltung des Frosches eine mehr liegende als sitzende, doch sprang derselbe noch immer, wenn gereizt, davon; 10 Minuten später, also beinahe eine Stunde nach der Unterbrechung der Blutcirculation, lag der Frosch flach auf seiner Unterlage, stiess mit dem Beine, wenn dasselbe gekneipt wurde, war aber nicht mehr fähig zu entspringen. Selbst eine Stunde und 15 Minuten nachdem das Herz unterbunden worden war, erfolgten auf Reize noch Reflexe.

Dazu kam noch, dass wir an Fröschen, deren Art. iliaca oder Bauchaorta vor der Muscarininjection unterbunden wurde, keine Reflexe auslösen konnten, wenn einmal die Lähmung eingetreten war, während doch die Reizung der Ischiadici in den Muskeln der entsprechenden hinteren Extremität, Zuckung hervorrief. Der Vergleich der obigen beiden Versuche, sowie das Ausbleiben der Reflexe bei vergifteten Fröschen, deren eine Art. iliaca unterbunden, der Ischiadicus also mit dem Gifte in keine Berührung kam, setzen wohl ausser allem Zweifel, dass das Muscarin als solches das Thier unempfindlich, dessen Nervensystem functionsunfähig macht.

Da aber der gereizte Ischiadicus eines durch Muscarin gelähmten Frosches die entsprechenden Muskeln zur Contraction anregen kann, während man nicht mehr im Stande ist, Reflexerscheinungen hervorzurufen, so ergiebt sich, dass das Muscarin vor Allem das Centralnervensystem angreift und lähmt.

Um den Einfluss des Muscarins auf die Erregbarkeit der motorischen Nerven näher kennen zu lernen, wurden mit dem *Myographe double* Versuche gemacht, bei welchen wir den Verlauf der Muscarinwirkung vom Beginne an beobachteten. Die Versuche zeigten, dass die Erregbarkeit der Nerven sich in fortschreitender Abnahme befindet; eine gesteigerte Erregbarkeit wie bei dem Digitalin fanden wir nicht.

Das Muscarin setzt also die Functionsfähigkeit des Centralnervensystems sehr bald herab und lähmt dasselbe, wäh-

rend es zugleich die Erregbarkeit der peripheren Nerven langsam vermindert.

3) Bezüglich der Einwirkung des Muscarins auf die Blutgefässe beobachteten bereits Schmiedeberg und Koppe, dass die Ohrgefässe der Kaninchen während der ganzen Dauer der Muscarinvergiftung stark injicirt sind, wie sonst nur nach Durchschneidung des Sympathicus. Dieses Sinken des Gefässtonus wies auf eine Lähmung des Gefässcentrums hin; da aber dies nach den genannten Forschern zugleich die einzige lähmende Wirkung des Muscarins wäre, so sind sie der Ansicht, dass es sich hier vielleicht nur um eine Hemmungswirkung handelt; durch Reizung gewisser, wahrscheinlich im Hirn liegender Apparate, durch welche die Thätigkeit des vasomotorischen Centrums beeinträchtigt werde. Eine Reflexlähmung von Seite des Depressors war ausgeschlossen, da der verminderte Blutdruck, trotz der Durchschneidung dieser Nerven zusammen mit den Vagis und Sympathicis, sich nicht änderte.

Wir finden auf Grund unserer Versuchsergebnisse, dass diese gefässerweiternde Wirkung des Muscarins die Folge einer directen Lähmung des Gefässcentrums durch das Gift ist; denn die Versuche welche wir unter 2) mitgetheilt haben, zeigten, dass das Muscarin auf das Rückenmark und Hirn lähmend einwirkt und es liegt keine einzige Erscheinung vor, der zufolge man berechtigt wäre anzunehmen, dass das Gefässcentrum im Gehirn hievon eine Ausnahme mache. Die erweiterten Gefässe contrahiren sich sowohl wenn der Halssympathicus gereizt wird als auch wenn der Reiz die Gefässwand selbst trifft; nur schien bei diesen Versuchen, besonders in den späteren Stadien der Vergiftung, die Contraction der Gefässe dem Reize langsamer nachzufolgen als sonst. Die rhythmischen Gefässcontractionen die unter normalen Verhältnissen an dem Kaninchenohr zu beobachten sind, blieben an Kaninchen, die mit 2—10 ^{mgrm} Muscarin vergiftet wurden, aus.

Dieser den Gefässtonus herabsetzenden Wirkung des Muscarins, scheint jene tetanische Zusammenziehung des Magens und Darmkanales, welche Schmiedeberg und Koppe beschreiben, in so weit zu widersprechen, als die glatten Muskelzellen in dem einen Falle durch das Muscarin ausser Function gesetzt in dem anderen aber zu gesteigerter Thätigkeit angeregt werden; es soll nämlich, kurze Zeit nach der Muscarininjection in das Blut, der Darm ein starres, hartes, wie aus weisslichem Wachs gegossenes Cylinderrohr bilden. Dieser Krampf löst sich nach etlichen Minuten.

Wir machten zwei Versuche: den einen an einer Katze (5 ^{mgrm} Muscarin) den anderen an einem Kaninchen (10 ^{mgrm} Muscarin), um den Tetanus zu beobachten. In diesen freilich vereinzelten Versuchen trat Durchfall, Abgang des Urins auf, auch Darmbewegung war sichtbar, doch

eine Contraction des Darmes von der beschriebenen Art sahen wir nicht. Auch folgten die Darmentleerungen erst 4—8 Minuten nach der Muscarininjection. Wir sind daher mehr geneigt diese Durchfälle und Harnentleerungen der durch das Gift veranlassten Lähmung der die Sphinkteren innervirenden Nervencentra zuzuschreiben, als der gesteigerten Thätigkeit der Muskelelemente des Darmes und der Blase. Diese Auffassung stimmt vollkommen überein mit der lähmenden Wirkung des Muscarins auf die Nervencentra, und dem langsamen Sinken der Functionsfähigkeit der glatten Muskelelemente der Gefässwand.

Die Erweiterung der Gefässe nach Muscarininjection ist also eine unmittelbare Folge der lähmenden Wirkung dieses Giftes auf das vasomotorische Centrum; später scheint eine Abnahme der Erregbarkeit der glatten Muskelzellen nachzufolgen.

4) Die Wirkung des Muscarins auf das Froschherz untersuchten wir sowohl mit dem Manometer von Kronecker wie auch nach der Methode von Williams.

Die Resultate unserer Versuche stimmten mit denen von Luciani[1] überein. Grosse Dosen (5—10 ^{mgrm} Muscarin in 20 ^{ccm} Blut) brachten das Herz zum Stillstand; mittelgrosse Dosen (1—2 ^{mgrm} Muscarin in 20 ^{ccm} Blut) störten etwa die Gruppenbildung des isolirten Herzens, die Herzschläge wurden seltener, hörten aber nicht auf; kleinere Gaben verminderten kaum merklich die Zahl der Herzcontractionen. Die Höhe der von dem Manometer auf den Kymographioncylinder gezeichneten Pulscurven nahm unter dem Einflusse des Muscarins ab. Eine Zunahme des Volums der Pulsation, wie Williams,[2] beobachteten wir an dem Froschherz nicht. Williams fand nämlich, als er die Ursache des steigernden Einflusses des Digitalins und Helleboreins auf den Blutdruck untersuchte, dass das Muscarin auf den Blutdruck diesen Giften ähnlich wirke; das Muscarin verlangsame also die Pulsationen des ausgeschnittenen Herzens unter Zunahme des Volumens derselben und unter Steigerung des mittleren Druckes. Ob letztere durch die verlangsamende Wirkung der Vagusreizung und der dadurch bewirkten besseren Füllung des Herzens, oder durch eine Wirkung des Muscarins direct auf den Herzmuskel erzeugt wurde, war mit Sicherheit nicht zu entscheiden, doch scheint es Williams nicht unmöglich, dass das Muscarin auf den Herzmuskel ähnlich verändernd wirkt wie das Helleborein.

Wir haben bei einer anderen Gelegenheit gezeigt, dass das Digitalin die Muskelelemente der Gefässe und des Froschherzens zu immer intensiverer Contraction, schliesslich zu anhaltendem Krampfe anregt, welcher

---

[1] A. a. O.

[2] *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie.* Bd. XIII. S. 1.

sich an dem Herzen als dauernde Systole manifestirt. Das Muscarin aber sehen wir die Contractionsfähigkeit der Muskelzellen der Gefässe herabsetzen und das Herz unter dem Einflusse dieses Giftes in Diastole stillstehen; dies alles widerspricht der Annahme, dass das Muscarin auf den Herzmuskel ähnlich verändernd einwirke wie das Helleborein und Digitalin. Dem entsprechen auch die Ergebnisse unserer nach dem Verfahren von Williams gemachten Versuche.

Worin die Ursache dieser abweichenden Versuchsresultate liegt, weiss ich nicht, doch ich habe um so weniger Ursache an der Richtigkeit meiner Versuchsergebnisse zu zweifeln, weil der nach den Angaben von Williams zusammengestellte Apparat zu keinen Versuchen mit irgend einem anderen Giftstoff benutzt wurde, demnach die Möglichkeit, dass zurückgebliebene Theilchen eines anderen Giftes, mit welchem Versuche zuvor gemacht worden waren, hier möglicher Weise störend eingewirkt hätten, absolut ausgeschlossen war.

Doch auch wenn wir Zunahme des Volumens der Herzpulse gefunden hätten, wie dies bei Muscarinversuchen mit Säugethieren in der That der Fall ist, so wäre dies noch immer kein Beweis dafür, dass das Muscarin auf den Herzmuskel dem Helleborein und Digitalin ähnlich wirkt. Es könnte, wie Williams richtig bemerkt, die Volumszunahme bei Muscarin auch eine Folge der Verminderung der Pulszahl und hierdurch bedingten stärkeren Füllung des Herzens sein, ohne dass aber jene Verminderung eben durch Vagusreizung bedingt sein müsste, denn sie könnte ja eben so gut auch die Folge einer Abnahme der Erregbarkeit der intracardialen accelerirenden Nervencentra sein; anders bei dem Digitalin, hier werden die Muskelzellen des Herzens gereizt, die Erregbarkeit der Herz-Nerven und -Ganglien nimmt zu, bis schliesslich andauernde Systole erfolgt.

Schliesslich widersprechen auch die Beobachtungen von Gaskell der Annahme, dass Muscarin, Helleborein und Digitalin auf den Herzmuskel analog einwirken. Denn nach diesen Beobachtungen wird die pulsirende Herzspitze durch Digitalin eben so gereizt wie durch Alkalien, und durch Muscarin eben so geschwächt wie unter der Einwirkung verdünnter Milchsäurelösung.

Jene Einwirkung des Muscarins auf das Herz, der zufolge die Pulsationen desselben seltener werden und schliesslich ausbleiben, das Herz aber in der Diastole stillsteht, führten Schmiedeberg und Koppe auf eine gesteigerte Erregung der Hemmungsapparate im Herzen zurück, während sie eine Lähmung des Herzmuskels oder seiner erregenden Nervencentra für ausgeschlossen hielten. Begründet schien dies durch die lange andauernde Reizbarkeit des in Diastole stillstehenden Herzens. Seither aber

zeigten die Versuche von Merunovicz[1] und Anderen, dass die Herzspitze — Aubert's nervenloses Froschherz — unter gewissen Bedingungen noch längere Zeit fortschlägt; dann haben Beobachtungen von Gaskell nachgewiesen, dass auch diese Herzpulse durch Muscarin zum Stillstand gebracht werden können; in der Herzspitze aber sind überhaupt keine Ganglien zu finden. Ferner kann die Herzspitze sowie auch kleine Stückchen derselben durch elektrische und mechanische Einwirkungen zu einer oder mehreren rhythmischen Contractionen angeregt werden. Eine lähmende Wirkung des Muscarins auf die accelerirenden Nervenapparate kann demnach nicht ausgeschlossen werden, und die Annahme, dass das Muscarin den diastolischen Herzstillstand durch eine erregende Wirkung auf im Herzen befindliche hemmende Ganglien erzeuge, erscheint nunmehr wenigstens höchst unwahrscheinlich.

Vergleicht man die Wirkung des Muscarins auf das Herz mit jener desselben Giftes auf die Blutgefässe, so findet man eine auffallende Aehnlichkeit zwischen beiden Einflüssen: die Blutgefässe werden durch Muscarin erweitert, an dem Kaninchenohr sind die von der Herzaction unabhängig sichtbaren rhythmischen Contractionen nicht zu beobachten, die Gefässe contrahiren sich aber sobald der entsprechende Nerv oder die Gefässwand selbst elektrisch gereizt wird; dem entsprechend geht auch das Herz unter dem Einflusse des Muscarins in einen diastolischen Stillstand über, hört auf zu schlagen, contrahirt sich aber auch sobald es direct gereizt wird. Diese Uebereinstimmung der Erscheinungen deutet auf eine gleiche Ursache. Was die Muskelelemente betrifft, so können wir nicht in Abrede stellen, dass die Erregbarkeit derselben langsam sinkt; allein nachdem der Herzmuskel während des diastolischen Herzstillstandes durch direct angewandte Reize noch lange Zeit zur Contraction angeregt werden kann, müssen wir in den intracardialen Nervencentren jene Gebilde suchen, deren Function durch das Muscarin zuerst beeinträchtigt wird. Eine lähmende Wirkung des Muscarins auf das centrale Nervensystem und auf das vasomotorische Nervencentrum haben wir nachgewiesen, wir glauben daher mit Recht schliessen zu dürfen, dass das Muscarin auch die Herzpulse vor Allem darum hemmt, weil es die Erregbarkeit der im Herzen befindlichen automatischen Nervencentra herabsetzt, beziehlich vernichtet; dem gesellt sich dann eine langsam fortschreitende Abnahme der Erregbarkeit der Muskelelemente des Herzens hinzu.

Klausenburg, 22. November 1881.

[1] *Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig.* 1875. S. 132.

Ueber Reflexbewegung des Strychninfrosches.

Von

Dr. G. L. Walton.

Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.

So lange unvergiftete Thiere den Gegenstand für Versuche über Reflexbewegungen bildeten, musste die Ansicht für berechtigt gelten, dass innerhalb des Gehirns und Rückenmarks Apparate liegen, welche durch die Anordnung fester Leitungsbahnen befähigt seien, die Erregungen eines in sie mündenden sensiblen Nerven bestimmten Gruppen von motorischen zu übermitteln. Eine so einfache Anschauung erklärte, warum mit der vom Reize getroffenen Hautstelle, die zur Abwehr ausgeführte Bewegung in gesetzmässiger Weise wechselte; und um zu begreifen, weshalb nach stärkeren Reizen und gesteigerter Empfindlichkeit die beschränkten sich in weit verbreitete Bewegungen verwandelten, bedurfte die Hypothsese nur des Zusatzes, dass die einzelnen reflectorischen Mittelpunkte auf eine fortlaufende Bahn aufgereiht seien, durch welche sie unbeschadet ihrer eigenthümlichen Befähigungen in die Erregung hineingezogen werden könnten.

Aus diesen Anschauungen lässt sich aber das Entstehen und die Verbreitung der Reflexkrämpfe eines mit Strychnin vergifteten Thieres nicht mehr begreifen. Ist das Rückenmark bis zu einem bestimmten Grade mit diesem Alkaloid vergiftet, so wird wie bekannt von allen wirksamen, ihrem Orte nach noch so verschiedenen sensibeln Reizen eine gleichzeitige Zusammenziehung aller Skeletmuskeln ausgelöst, als ob sämmtliche Nerven derselben in ein Bündel zusammengefasst in den Kreis eines elektrischen Inductors gerathen seien. Kann man sonach während der Strychninvergiftung von jeglichem Empfindungsnerven aus jeden motorischen in gleicher Art

erregen, so müssen auch alle centralen Fortsetzungen derselben innerhalb des Rückenmarkes in gleicher Art mit einander verbunden sein, und hinfällig wird der Gedanke an eine Gliederung des Rückenmarks in reflectorische Herde, von denen jeder einzelne nach einem durch seinen anatomischen Bau vorgeschriebenen Plane arbeiten muss.

Auf die Frage, wie es dem Strychnin gelinge, die geordnete Reflexbewegung in den allgemeinen Krampf umzuformen, wird schwerlich die Antwort erfolgen, dass sich mit dem Eintritt der Vergiftung plötzlich Bau und Verlauf der Bahnen geändert habe, auf welchen sich die Erregung im Rückenmark sonst fortzupflanzen pflegt. Die Geringfügigkeit der Giftmenge und die Kürze der Zeit, durch und in welcher die Befähigung zum Starrkrampf hervortritt, zwingen zu der Annahme, dass die neuen Beziehungen, in welche die Gebilde des Rückenmarkes zu einander getreten sind, aus einer chemischen Aenderung ihrer reizbaren Massentheile abzuleiten seien. Das Strychnin hat somit den Nachweis geliefert, dass die Wege, welche die Erregung im unvergifteten Rückenmark einschlägt, nicht darum beschränkte sind, weil sie durch eine bestimmte Anordnung des Faserverlaufs vorgeschrieben werden, sondern nur deshalb, weil der die Reizung fortpflanzenden Masse eine besondere Beweglichkeit zukommt. Mit einem Worte, was man früher dem anatomischen Bau zuschrieb, müssen wir jetzt auf die Rechnung der Reizbarkeit setzen.

Der vorgebrachten Anschauung ordnen sich ungezwungen noch andere uns bekannte Wirkungen des Strychnins unter. Dasselbe erhöht die reflectorische Erregbarkeit, denn es rufen schwache und kurzdauernde Reize heftige und andauernde Krämpfe hervor, und auf der Höhe der Strychninwirkung besteht nach Wundt[1] eine eigenthümliche Beziehung zwischen den Stärken des sensiblen Reizes und dem Verkürzungsgrad der Muskeln, welche vom Reflexkrampf ergriffen werden; bei einem Reize, der eben stark genug ist, um den Reflex aufzulösen, wird dieser sogleich ein maximaler und damit wird das Gebiet von Reizstärken innerhalb dessen eine Steigerung der Muskelcontraction stattfindet, bei zunehmender Giftwirkung immer kleiner und zuletzt verschwindend klein.

Da sich der letzteren Angabe nach das gesunde zu dem mit Strychnin vergifteten Rückenmark in einem ähnlichen Verhältniss befindet, wie das Herz zu allen übrigen Muskeln, so erschien es mir wichtig, die Aehnlichkeit durch eigene Versuche weiter zu verfolgen. Im Verlauf derselben wurde ich mit noch anderen Erscheinungen bekannt, die der Mittheilung werth sein dürften. Einer Aufzählung derselben schicke ich die Beschreibung des Verfahrens voraus, das ich bei meinen Beobachtungen innegehalten.

[1] *Untersuchungen zur Mechanik der Nervencentren.* 2. Abthlg. 1876. S. 70 ff.

Meine Versuche sind durchweg an Fröschen angestellt, denen das Mark unterhalb der Rautengrube durchschnitten und denen darauf mit einem eingeschobenen Holzstäbchen das Gehirn zerstört war. Jeder Blutverlust wurde sorgfältig vermieden.

In der Regel wurde die Vergiftung erst nach der Durchschneidung des Markes vorgenommen. In der Zeit, welche zwischen der Einführung und der Wirkung des Giftes verstreicht, fand die Befestigung des Frosches auf einer starken Korkplatte statt. Durch den unempfindlichen Kopf wurde ein Stift gesenkt, die beiden Kniegelenke lagen zwischen einer auf der Unterlage befestigten und mit Kautschuk gefütterten Schraubenklemme. Durch einen entsprechenden Hautschnitt wurde die Achillessehne freigelegt, durchschnitten, von einem Faden umschlungen, der über einer Rolle zum Schreibhebel führte. Von der Oeffnung aus, die zur Blosslegung der Sehne gedient hatte, wurde um das untere Ende des Unterschenkelknochens ein Faden geführt, der um einen auf dem Brett befestigten Stifte fest angezogen war. In Folge einer derartigen Befestigung wurden dem Schreibhebel nur die Bewegungen des Wadenmuskels mitgetheilt. Die gegebene Schilderung lässt erkennen, dass ich als Maass für die Grösse des reflectorischen Erfolges die von dem Wadenmuskel ausgeführte Zusammenziehung zu benutzen beabsichtigte. Hierzu hielt ich mich für berechtigt, weil es sich erfahrungsgemäss ergab, dass die Zusammenziehung des Muskels unter sonst gleichen Bedingungen, von denen ich sogleich sprechen werde, unabhängig von dem Orte blieb, an welchem die sensible Reizung stattgefunden; deshalb durfte der auf den Wadenmuskel ausgeübte Anstoss als ein Maass für die Leistungsfähigkeit des reflectirenden Apparates angesehen werden. Da der Schreibhebel im vergrösserten Maassstabe die von dem Muskel ausgeführte Verkürzung auf den berussten Papierüberzug einer rotirenden Trommel aufzeichnete und da mit den von einen Secundenpendel markirten Punkten die Umdrehungsgeschwindigkeit des Cylinders gemessen werden konnte, so liess sich die Höhe und die Dauer des Hubes feststellen. In allen Fällen war die Sehne mit einem Gewicht von zehn Gramm belastet.

Als Reizmittel diente entweder der Oeffnungsstrom aus der secundären Rolle des gewöhnlichen Schlitten-Inductoriums, in dessen primärem Kreis ein Grove stand. Die Schliessungsströme wurden auf bekannte Weise abgeblendet. Oder statt des Inductionsapparates wurde ein sogenannter Stoss eines constanten Stromes benutzt. Das erstere Verfahren kam zur Anwendung wenn der Reiz die Haut treffen sollte, das zweite, wenn ein sensibler Nervenstamm zu demselben Zwecke diente. Im letzteren Falle lag der Nerv zwischen unpolarisirbaren Elektroden, und zur Abstufung der verwendeten Stromstärken diente ein feines Rheochord als Nebenschliessung. Auf die Abstufung des Stromes wurde aus später einleuchtenden Gründen die höchste

Sorgfalt verwendet. — Für viele der anzustellenden Versuche war es nothwendig den Reiz in beliebig zu wählenden aber regelmässig wiederkehrenden Intervallen zu wiederholen. Wenn dieselben den Betrag von zehn und mehr Secunden erreichen sollten, so wurde der Strom nach Angabe des Secundenpendels mit der Hand geregelt; zur sicheren Herstellung kürzerer Intervalle diente ein Rad das von einem Uhrwerk gedreht wurde, an ihm befand sich eine Vorrichtung, die vorkommenden Falles zur Abblendung der Schliessungsströme des Inductionsapparates diente, immer aber wurde der Strom in einem Quecksilbernäpfchen, das unter fliessendem Wasser stand, geschlossen.

Zum Orte des Reizes war, wie erwähnt, entweder die unverletzte Haut oder ein Nervenstamm benutzt. Da sich der Wechsel des gereizten Ortes für mehrfache Versuche als nothwendig erwies, so wurden vor dem Beginn der Beobachtung in der Regel vier Orte der Haut — die beiden Vorder- und die beiden Hinterpfoten — mit unverrückbaren Elektroden versehen und durch die entsprechenden Leitungen dafür gesorgt, dass nach Belieben je einer dieser Orte in den reizenden Strom eingeschaltet werden konnte. Als Regel kann angesehen werden, dass der Versuch mit der Reizung der Pfote begann und durchgeführt wurde, welche demselben Gliedmaass angehörte, von welcher auch der schreibende Wadenmuskel entsprang. Sollte der Nervenstamm zum Eingangspunkte des sensiblen Reizes dienen, so standen nur drei Orte zur Verfügung, die beiden grossen Armnerven und der Nervus ischiadicus des Beines, dessen Wadenmuskel unversehrt geblieben war.

Grössere Schwierigkeiten als die Herstellung der eben geschilderten Vorrichtungen bereitete die Erzielung und Behauptung eines beliebigen Vergiftungsgrades; zur sicheren Lösung dieser Aufgabe bin ich, so wünschenswerth, ja nothwendig, sie auch erscheint, nicht gelangt. Zunächst schien das zweckmässigste Verfahren darin zu bestehen, den unversehrten Frosch stundenlang in Wasser zu setzen, welchem, dem zu erreichenden Vergiftungsgrad entsprechend, ein grösserer oder geringerer Gehalt an Strychnin zugetheilt war. Wenn man erwarten durfte, dass sich zwischen dem Strychningehalt der thierischen Säfte und dem des Wassers ein Gleichgewicht hergestellt habe, so wurde der Frosch aus dem Bade entfernt, sein Mark rasch und sorgfältig durchschnitten, und sein Rumpf in Watte gehüllt, welche mit dem Badewasser durchtränkt war, in dieser Hülle auf dem Versuchsbrett befestigt und schliesslich dafür gesorgt, dass die Strychninlösung der Hülle durch öfteres Befeuchten auf unverändertem Dichtigkeitsgrade verblieb. Trotz seiner Umständlichkeit würde ich bei diesem Verfahren beharrt haben, wenn es seinem Zwecke entsprochen hätte. Nach keiner Richtung hin war solches der Fall. Als ein störender Unfall war es zu-

nächst anzusehen, dass viele Frösche während der heftigen Zuckungen starben, die durch Zerschneidung des Markes hervorgerufen wurden. Weit bedenklicher als dieser Unfall war dagegen die vollkommen unberechenbare Wirkung des Bades. Waren mehrere Frösche, die schon seit Wochen sich unter ganz gleichen Verhältnissen befunden hatten, und die sämmtlich annähernd gleiches Gewicht und gleiche Körpergrösse besassen, in demselben Bade gleich lange Zeit aufbewahrt worden, so boten sie doch ganz verschiedene Vergiftungsgrade dar. Durch solche und mehrfache andere Versuche musste mir die Ueberzeugung erwachsen, dass auch unter sorgfältiger Berücksichtigung des Körpergewichtes, der Aufenthaltsdauer und des Concentrationsgrades des Badewassers an Strychnin keine Sicherheit für die Stärke der Vergiftung zu erzielen war. Obwohl nun zuweilen die beschriebene Art zu vergiften, die Frösche sehr lange Zeit auf unverändertem Grade der Vergiftung erhielt, so erschien mir in Anbetracht der sonstigen Schwierigkeiten dieser Erfolg nicht genügend, um bei den Verfahren stehen zu bleiben. Statt des verlassenen kehrte ich zu dem allgemein gebräuchlichen Verfahren zurück, das Gift in die Lymphsäcke einzubringen. Um hierbei von der schwächeren zur stärkeren Vergiftung übergehen zu können, musste ich mich darauf beschränken, demselben Thiere nach und nach sehr kleine Mengen von Strychnin beizubringen und so allmählich im Verlaufe des Versuches den Vergiftungsgrad zu steigern. Sollte umgekehrt vom stärkeren zum schwächeren Vergiftungsgrade übergegangen werden, so musste der Versuch auf längere Zeit unterbrochen werden, bis sich, wie bekannt, der höhere Vergiftungsgrad allmählich in einen niederen zurückverwandelt hatte. Die vergiftende Lösung enthielt durchweg auf hunderttausend Theile Wasser einen Theil Strychnin.

Als ich mit den aufgezählten Hülfsmitteln zu erheben suchte, unter welchen Umständen, die veränderliche Stärke des Reizes ihren Einfluss auf den Umfang der reflectirten Muskelcontraction einbüsst, ergab sich, dass ausser dem von Wundt betonten Vergiftungsgrade wesentlich auch die Zeit in Betracht kommt, welche zwischen mehreren aufeinanderfolgenden Reizen verstrichen ist. Ueberschritt ihre Dauer ein gewisses Maass, so brachte jeder überhaupt wirksame Reiz unabhängig von seiner Stärke eine maximale Zusammenziehung hervor; traf dagegen der zweite Reiz in einem kürzeren Termin nach dem ersten ein, so wuchs mit seiner Stärke der Umfang der Bewegung. In dieser Periode reagirt das vergiftete zum Theil ähnlich dem gesunden Rückenmark.

Der Unterschied in den Wirkungen der Reize, welche in kürzeren oder längeren Zeitabständen aufeinander folgen, gilt für jeden Vergiftungsgrad, vorausgesetzt, dass dieser nur bis zu Auftreten von Starrkrämpfen geführt hat. Die Zeit dagegen, welche zwischen zwei aufeinanderfolgenden Reizen

vergehen muss, damit auf sie, ob sie minimal oder maximal sind, der reflectorische Apparat mit gleich starker Zuckung antwortet, ist wesentlich abhängig von dem Grade der Strychninvergiftung. Ist der letztere sehr hoch gestiegen, so erlangt das Präparat mit ausserordentlicher Geschwindigkeit die Befähigung auf jeden Reiz maximal zu zucken, lag dagegen die Vergiftung an ihrer unteren Grenze, so müssen nach dem ersten Reiz mehrere Minuten verflossen sein, wenn ein zweiter darauf folgender minimaler einen maximalen Reflex hervorbringen soll. Als Beispiele für dieses Verhalten mögen die folgenden Aufzeichnungen dienen:

1) Gewicht des Frosches 87 ^{grm}. Die Fusshaut wird je mit einem Inductionsschlag gereizt, nachdem drei Mal nacheinander unter die Rückenhaut Strychninlösung eingespritzt war. Die Zeit, welche zwischen zwei aufeinanderfolgenden Reizen verfliessen musste, bevor die Stärke der reflectirten Zuckung von der des Reizes unabhängig würde, betrug:

Nach der Einführung von 2·40 ^{Ccm} Lösung 15 Secunden.
Nach der weiteren Einführung von 3·0 ^{Ccm} 10 Secunden.
Nach abermaliger Einführung von 3·6 ^{Ccm} 5 Secunden.

2) Gewicht des Frosches 47 ^{grm}. Der Nervus ischiadicus wird durch je einen Stromstoss gereizt. Anfangs ist die Vergiftung sehr schwach, durch eine neue Gabe der Lösung wird sie nachträglich verstärkt. Die Zeit, welche zwischen zwei aufeinanderfolgenden Reizen verfliessen musste, bevor die Stärke der reflectirten Zuckung von der des Reizes unabhängig wurde, betrug nach der ersten Gabe des Giftes 3 Minuten und nach der zweiten Einspritzung 1 Minute.

Was sich nach steigenden Gaben des Giftes ausdrückt, die demselben Thiere beigebracht wurden, lässt sich noch leichter an verschiedenen Fröschen erkennen, die nach Maassgabe der verabreichten Mengen Strychnins in ungleichem Grade vergiftet sind.

Wie sich der Vergiftungsgrad in der Geschwindigkeit ausprägt, mit welcher der reflectorische Apparat nach einer ausgeführten Bewegung wieder in den Zustand zurückkehrt, auf Reize verschiedener Stärke gleichwerthig zu reagiren, so drückt er sich auch noch in dem Umfange aus, welcher der maximalen Zuckung zukommt. Für die grosse Aenderung, welche der maximale Umfang der reflectirten Zuckung in Folge der steigenden Gaben des Giftes erlangen kann, mögen die folgenden Beispiele sprechen. Zu ihnen dienen die Bemerkungen, dass die bei demselben Thiere verwendeten Reize stets gleich stark waren, und dass sie in die Periode fielen, in welcher sich ihre veränderliche Stärke für den Erfolg des Reflexes gleichgiltig erwies.

1) Die Hinterpfote wird durch einen Oeffnungsschlag des Inductors gereizt.

Nach Einführung von 2·4 Ccm Giftlösung betrug die maximale Zuckung . . . . 5·25 mm
Nach Einführung von weiteren 3·0 Ccm Giftlösung betrug die maximale Zuckung . . . . 9·10 „
Nach abermaliger Einführung von 3·6 Ccm Giftlösung betrug die maximale Zuckung . . . . 14·6 „

2) Gewicht des Frosches 75 grm. Der Reiz bestand in einem Stromstoss von unveränderlicher Dauer und Stärke auf den zwischen unpolarisirbaren Elektroden gelegenen Nervus ischiadicus.

Nach 4 Ccm Giftlösung betrug die Höhe der maximalen Zuckung 5·6 mm.
Nach weiteren 9 Ccm Giftlösung betrug die Höhe der maximalen Zuckung . . . . 13 mm.

Noch einfacher kann man zur Darlegung des beschriebenen Verhaltens gelangen, wenn man von vornherein nur geringe Mengeu der Strychninlösung unter die Rückenhaut des Frosches bringt; dann wächst die Vergiftung langsam genug an, um auf verschiedenen Stufen derselben reizen zu können. Mit diesem Verfahren wurde die folgende Zahlenreihe gewonnen.

Gewicht des Frosches 45 grm. Die Zuckungshöhe wurde vom rechten M. gastrocnemius aufgeschrieben; mit Inductionsströmen wurden gereizt und zwar mittels festgelegten Elektroden die beiden Vorder- und die linke Hinterpfote. Die Notirung der Zuckungen wurde begonnen, als die sensiblen Reize allgemeinen Starrkrampf hervorriefen. Von diesem Zeitpunkt an wurden für jede der drei Pfoten der grösste Abstand der Inductionsrollen aufgesucht, bei welchem die maximale Zuckung hervorbrach. Zwischen je zwei Reizen schob man eine Pause ein, deren Dauer genügend gross war, um das Rückenmark in den Zustand gleichwerthiger Reaction gegen verschieden starke Reize gelangen zu lassen, alle Zahlen unter der Ueberschrift Zuckungshöhe bedeuten sonach maximale Reflexe.

Linke Vorderpfote.		Linke Hinterpfote.		Rechte Vorderpfote.	
Zuckungs-höhe.	Rollen-abstand	Zuckungs-höhe.	Rollen-abstand.	Zuckungs höhe.	Rollen-abstand.
0·6 mm	20	2·2 mm	24	2·1 mm	24
2·2 „	24	7·1 „	29	7·8 „	32
9·0 „	30	10·0 „	30	9·8 „	40
10·0 „	35	10·7 „	40	12·7 „	43

Mit der steigenden Vergiftung wächst wie man sieht nicht bloss der Umfang der maximalen Zuckung, es nimmt auch gleichzeitig die Empfänglichkeit gegen den Reiz zu, wie aus der abnehmenden Stärke des Inductionsstromes, welcher einen Reflex auszulösen vermochte, hervorgeht.

Ich gehe nun zur Schilderung der Reflexe in dem zwischen zwei Reizen gelegenen Zeitraum über, dessen Länge nicht genügte, um die Wirkungen des ersten der beiden zu verwischen. In ihm wird der Umfang der reflectirten Zuckung von der Stärke des zweiten Reizes und von der Zeitdauer, welche seit der Einwirkung des ersten verstrichen ist, wesentlich beeinflusst. Um zu prüfen, wie sich die reflectorische Reizbarkeit in der auf einer Reflexbewegung nächstfolgenden Zeit ändert, müssen sonach zwei Verfahrungsarten benutzt werden. Der Anwendung beider muss selbstverständlich die Bestimmung der Zeitdauer vorausgehen, welche der reflectorische Apparat zur Herstellung des Zustandes bedarf, in welchem er verschieden starke Reize gleichwerthig beantwortet.

Nachdem man die Zeit bestimmt hat, lässt sich die in ihr ablaufende Aenderung der Reizbarkeit dadurch erkennen, dass man in verschiedenen Abschnitten derselben die bei stets gleich starkem Reize aufgelösten Zuckungen aufschreiben lässt. Der Verlauf einer nach diesem Grundsatze durchgeführten Versuchsreihe gestaltet sich dahin, dass man zuerst in der Periode der maximalen Zuckung eine Bewegung auslöst und dann eine geringe Zahl von Secunden später mit demselben Reize eine zweite. Ist nach der letzteren die Zeit verstrichen, welche zur Wiederkehr der maximalen Zuckungsperiode nöthig ist, so löst man einen neuen maximalen Reflex aus und reizt abermals jetzt aber früher oder später, als es nach der ersten maximalen Zuckung geschah, und so fort, bis man für eine genügende Zahl von Secunden, die sämmtlich im Bereiche der Wiederherstellungszeit gelegen sind, die zugehörige Zuckungshöhe kennt. Zur Vedeutlichung des Gesagten und zugleich zur Darstellung der Zuckungshöhen, welche Reize bewirken, die in verschieden zeitlichen Abständen auf einen maximalen Reflex folgen, diene das Nachstehende.

Gewicht des Frosches 60 grm. Die Befähigung unter Anwendung eines schwachen Reizes maximal zu zucken, kehrte zurück, wenn seit der letzten Reflexbewegung 20 Secunden verstrichen waren. Die im Folgenden unter den römischen Zahlen stehenden Zuckungshöhen sind die maximalen, sie wurden also sämmtlich durch den Reiz ausgelöst, der 20 Secunden nach der vorausgegangenen Zuckung ertheilt wurde. Die unter den Ueberschriften 2, 5, 7, 10 Secunden stehenden Zahlen geben die Zuckungshöhen an, welche der stets gleichstarke Reiz hervorbrachte, als er um 2, 5, 7, 10 Secunden nach Ablauf der maximalen Zuckung einwirkte.

I.	2 Sec. später	II.	5 Sec. später	III.	7 Sec. später	IV.	10 Sec. später
6·8 mm	1·0 mm	7·5 mm	2·0 mm	6·0 mm	3·0 mm	6·6 mm	4·5 mm
		6·6 „	2·2 „	8·0 „	3·7 „	8·0 „	4·7 „
		7·6 „	2·1 „				

Trägt man die Mittelwerthe der gefundenen Zuckungshöhen als Ordinaten über die Zeit auf, so sieht man die Reizbarkeit, welche in Folge der vorausgegangenen Bewegung tief abgesunken war, in gerader Linie bis zu dem Punkte des nicht überschreitbaren Maximums emporwachsen. In anderen Versuchen gestaltete sich die Abhängigkeit zwischen der Zeit und der zugehörigen Reizbarkeit nicht so einfach, immer aber thaten sie dar, dass in den Grenzen, in welchen es überhaupt geschieht, die Reizbarkeit in einem Zeitpunkte, welcher der zuletzt ausgeführten Bewegung näher liegt, kleiner als in einem von ihr entfernteren ist.

Ergänzend zu der Methode, welche in ungleichem zeitlichen Abstand von dem vorausgegangenen Maximalreflex gleich starke Reize vorschreibt, tritt die zweite, welche verlangt, dass der Reiz in gleichem zeitlichen Abstand von der Maximalzuckung ungleich stark sei. Hierbei muss es sich zeigen, ob das Rückenmark eines auf gleicher Vergiftungsstufe stehenden Thieres auch in der Periode wieder anwachsender Reizbarkeit sensible Erregungen von verschiedener Stärke gleichwerthig beantwortet. Dass hiervon thatsächlich das Gegentheil gilt, dass das Rückenmark nach der Auslösung eines Reflexes in einen Zustand gekommen ist, in welchem es entsprechend der Stärke des Reizes reagirt, zeigt die folgende Beobachtung.

Gewicht des Frosches 50 grm. 10 Secunden nach Verfluss der letzten Bewegung mussten die Rollen des Inductionsapparates um 60 mm voneinander entfernt sein, um eben noch einen Reflex und zwar einen maximalen auszulösen.

1) Die Höhe der Zuckung beträgt bei einem Rollenabstand von 60 mm . . . . 21·7 mm.
2) 3 Secunden später beträgt bei einem Rollenabstand von 60 mm die Zuckungshöhe . . . . 4.3 mm.
3) 10 Secunden später beträgt bei einem Rollenabstand von 60 mm die Zuckungshöhe . . . . 23·8 mm.
4) 3 Secunden später beträgt bei einem Rollenabstand von 40 mm die Zuckungshöhe . . . . 12·8 mm.
5) 10 Secunden später beträgt bei einem Rollenabstand von 60 mm die Zuckungshöhe . . . . 23·0 mm.
6) 3 Secunden später beträgt bei einem Rollenabstand von 20 mm die Zuckungshöhe . . . . 22·1 mm.
7) 10 Secunden später beträgt bei einem Rollenabstand von 60 mm die Zuckungshöhe . . . . 22.8 mm.

Die Höhe der Reflexzuckung, welche 3 Secunden nach einer vorausgegangenen maximalen ausgelöst wurde, wuchs also von 4.3 auf 12·8 auf 22·1^{mm}, als der Rollenabstand von 60 auf 40 auf 20^{mm} herabkam.

Bevor also nach einer vorausgegangenen Bewegung der reflectorische Apparat in den Zustand tritt, in welchem er sich gleichwerthig gegen verschieden starke Reize verhält, durchläuft er einen anderen, in welchem er unter allmählicher Steigerung seiner Erregbarkeit sich ähnlich dem unvergifteten Rückenmark verhält, das ja ebenfalls der Stärke des Reizes entsprechend reagirt. Doch besteht auch während dieses Zeitraumes, im Gegensatze zu der des gesunden, die Eigenthümlichkeit des vergifteten Rückenmarkes fort, stets einen allgemeinen Tetanus, niemals aber eine geordnete Bewegung zu reflectiren.

Aus den Mittheilungen über das Verhalten des vergifteten Reflexapparates unmittelbar nach einer ausgelösten Bewegung, lassen sich die Erfolge der Reize ableiten, welche in Intervallen kürzer als eine Secunde bei schwächerem oder stärkerem Vergiftungsgrade zugeführt werden. Starke rasch folgende Reize müssen, wie es denn auch geschieht, bei hohen Vergiftungsgraden sehr langsam absinkende Tetani hervorrufen, bei schwacher Vergiftung dagegen nimmt der anfangs sehr beträchtliche Umfang der Zusammenziehung fast plötzlich bis zu einem der natürlichen Muskellänge nahekommenden Maasse ab. Einen ähnlichen Unterschied bieten bei mittleren Graden der Vergiftung eine Anzahl hinter einander folgender schwächerer oder stärkerer Reize; die tetanische Curve sinkt im letzteren Falle langsam, in dem ersteren rasch gegen die Abscisse.

Dass an den Erscheinungen, welche eine Anzahl starker Reize von rascher Folge erzeugt, nicht bloss das Rückenmark, dass an ihnen auch die Ermüdung des sensiblen Nerven einen Antheil besitzen kann, bedarf kaum der Erwähnung. Man erkennt denselben leicht aus den Erfolgen, welche aus einem Wechsel der gereizten Hautstelle entspringen. Lag die Ursache für das Absinken der Zuckungshöhe in der Ermüdung des Nerven, so verkehrt sich dasselbe augenblicklich in ein Ansteigen, wenn statt des früheren ein anderer sensibler Nerv in den Inductionskreis tritt.

Besondere Beachtung verdienen die in kurzen Intervallen auf einander folgenden Reize, von denen keiner für sich eine Reflexbewegung auslöst. Am gesunden Mark summiren sich bekanntlich die Wirkungen derselben so, dass wenn eine grössere oder geringere Anzahl die Haut getroffen hat, eine Reflexbewegung zu Stande kommt. Ein gleiches Vermögen geht dem mit Strychnin vergifteten Rückenmark vollkommen ab; mag man mit einer Reihe rasch folgender Inductionsströme, von denen jeder einzelne nur um ein weniges unter der wirksamen Grenze liegt, die Haut noch so lange reizen, so ruft man durch sie niemals eine Zuckung hervor. Der Beweis

ihrer Wirkungslosigkeit lässt sich noch dadurch deutlicher erbringen, dass man in die Reihe der unwirksamen einen Zuckung erzeugenden einschaltet. Tritt er in dem Zeitpunkte nach einer vorausgegangenen Zuckung auf, in welchem die ermüdenden Folgen der letzteren verwischt sind, so erfolgt auf ihn eine maximale Reflexbewegung.

In den Mittheilungen über den Antheil, welchen die motorischen Nerven an der Vergiftung nehmen, begegnet man Ansichten, die einander widersprechen.[1] Nach einer derselben lässt das Gift die motorischen Nerven unberührt, während dasselbe nach der Meinung anderer die Reizbarkeit der Bewegungsnerven schwächen und sogar aufheben soll. Durch meine Versuche bin ich zu der Ueberzeugung gelangt, dass das Gift den motorischen Nerven unverändert lässt. Hierfür tritt, wie schon Kölliker zeigte, das Verhalten eines motorischen Nerven ein, welcher vor der Vergiftung durchschnitten wurde. Ein minimaler Reiz, der vor der Zuführung des Strychnins von den durchschnittenen Nerven her eine Zuckung auslöste, leistet noch dasselbe, wenn der Frosch in Folge der Vergiftung abgestorben ist. Die Zuckungscurven, welche von dem Muskel auf einem rasch rotirenden Cylinder aufgeschrieben wurden, stimmten in dem einen und anderen Falle nach Höhe und Dauer überein.

Andere Eigenschaften zeigen nach dem Tode des Thieres Nerven und Muskeln der Seite, welche an den Strychninkrämpfen theilgenommen haben. Von ihnen werden Zeichnungen geliefert, welche deutlich die Spuren der Ermüdung tragen; die Zuckungen sind niedriger und in die Länge gezogen; letzteres jedoch nicht in dem Grade, wie eine durch den momentanen Reiz auf den sensiblen Nerven ausgelöste Reflexbewegung; selbst wenn sie nach der Schätzung des Auges für eine Zuckung gehalten wurde, so hatte doch die Reflexbewegung immer eine Curve mit unverkennbar tetanischem Charakter aufgeschrieben.

Ebensowenig wie die motorischen werden auch die sensiblen Nerven von dem Strychnin alterirt. Weil das vergiftete Thier schon auf ausserordentlich schwache Hautreize Bewegungen reflectirt, so konnte es von vornherein für wahrscheinlich gelten, dass die sensiblen Nerven auf einen höheren Grad von Leistungsfähigkeit gebracht seien, und doch lässt sich der Beweis für das Gegentheil erbringen. Man schalte ein Gliedmaass aus dem Blutstrom, indem man alle Theile seines oberen Endes, den Nerven ausgenommen, stark genug umschnürt, dann vergifte man das Thier, verbinde einen Gastrocnemius mit dem Schreibhebel und reize nun in minutenlangen Intervallen die Pfoten, welche vom gifthaltigen Blute durchströmt

---

[1] Die ältere Literatur siehe bei Martin Magron et Buisson: *Journal de physiologie.* 1860. p. 346.

wurden, zum Vergleich mit derjenigen, deren Gefässe abgebunden waren. Die Ergebnisse werden denen des folgenden Versuchs entsprechen.

Der linke Oberschenkel des Frosches war mit Ausnahme des Nervus ischiadicus fest umschnürt; nach Beendigung der Reizung floss aus der Fläche eines Schnittes, der unterhalh des Unterbandes durch den Schenkel gelegt war, kein Tröpfchen Blut hervor. Unter die Haut war eine geringe Menge von Strychnin eingebracht worden, sodass die Vergiftung nur allmählig zunahm.

		Zuckungshöhen nach Reizung		
	Rollenabstand.	der rechten Hand.	der linken Hand.	des linken Fusses.
Anfangs	24 mm	2·1 mm	2·1 mm	2·1 mm
Später	30 „	—	9·0 „	10·0 „
Später	35 „	—	10·0 „	— „
Später	40 „	9·8 mm	10·7 „	—

Gleich starke Reizungen der vorderen mit Gift durchtränkten und der giftfreien Hinterpfote erwirkten gleich umfangreiche mit dem steigenden Vergiftungsgrade wachsende Muskelcontractionen.

Dieser leicht zu bestätigenden Thatsache gegenüber fällt die Annahme zu Boden, dass unter dem Zutritt des Strychnin die Enden der sensiblen Nerven auf eine höhere Stufe der Erregbarkeit gehoben werden. Den Grund für die grösseren Leistungen des reflectorischen Apparates können wir sonach nur innerhalb des Rückenmarks selbst zu finden hoffen.

Da das Strychnin und das Curare von Pflanzen derselben Familie gebildet werden, so halten manche Toxikologen eine Uebereinstimmung in den Wirkungen beider für wahrscheinlich und bemühen sich um den Nachweis derselben.[1] Aus den Wirkungen der beiden Gifte lässt sich leicht das Vergebliche solcher Bestrebungen erkennen; möglicherweise könnte jedoch darin eine Analogie zwischen den beiden Producten derselben Pflanzenfamilie liegen, dass das eine auf den Ort des Ueberganges der Nerven in den Muskel, das andere auf den der Einfügung des Nerven in das Rückenmark wirkte. Das dem Curare zugesprochene Verhalten ist bekanntlich längst erwiesen, ob aber die Annahme, dass das Strychnin die grossen Ganglienzellen des grauen Vorderhorns vergifte, berechtigt sei, muss dahin gestellt bleiben.

Ueber die Ursache des Todes durch Strychnin besteht gegenwärtig in-

[1] Grosskost, *De l'action physiologique de la strychnine comparée à celle du curare.* 1880. Thèse.

sofern Uebereinstimmung, als man sie in der Veränderung der reizbaren Stoffe des Rückenmarkes findet. Nichts liegt auch näher, denn ein Gift, das den reflectirenden Apparat so sichtbar ändert, wird schliesslich auch seine Leistungsfähigkeit aufheben können. Damit ist nicht zugleich ausgesprochen, dass an der todbringenden Wirkung des Strychnins nicht auch die Erschöpfung betheiligt sein könne, welche durch die Reizungen der sensiblen Nerven und die ihr folgenden Reflexe herbeigeführt wird. Häufig genug treten uns Thatsachen entgegen, die kaum daran zweifeln lassen, dass erst die zur Vergiftung hinzutretende Erregung den Tod veranlasst. So liegt es namentlich in unserer Willkür, wie rasch ein mässig vergifteter Frosch absterben soll; setzt man einen solchen nach vorausgegangener Enthirnung unter eine Glasglocke an einen ruhigen Ort, so findet man ihn noch nach Stunden reflectorisch erregbar. Ein in ähnlichem Vergiftungsgrade befindlicher stirbt dagegen nach wenigen Minuten ab, wenn seine sensiblen Nerven, mit starken Inductionsströmen behandelt, andauernde Tétani aufgeweckt haben. Im Hinblick auf diese Thatsachen darf man den Ausspruch berechtigt finden: das Strychnin begünstige die Zersetzbarkeit der reizbaren Massen ohne zugleich ihre vollkommene Zerlegung einzuleiten, die erst infolge der hinzugetretenen Reizung eintrete.

Eine Bekräftigung der Vorstellung, dass das Strychnin nur dann tödte, wenn es den reflectorischen Apparat ergriffen hat, finde ich in seiner vollkommenen Unschädlichkeit für wirbellose Thiere. Von Cl. Bernard[1] ist die vielfach bestätigte Entdeckung ausgegangen, dass die Reflexerregbarkeit der wirbellosen Thiere vom Strychnin unangetastet bleibt. Nun lässt sich durch richtig geführte Versuche auch zeigen, dass an Krebsen und Käfern u. A. Gaben des Giftes wirkungslos vorübergehen, welche einen Frosch abtödten. Allerdings giebt Krukenberg[2] an, dass eine mässige Gabe von Strychnin, die durch einen Stich zwischen den Cephalothorax und das erste Schwanzsegment eingespritzt ist, den Krebs in etwa 3 Stunden tödte; aber den gleichen Erfolg bringt auch eine mässige Menge destillirten Wassers hervor, welches unter den Cephalothorax eingeführt wird. Demnach wird die Verwundung keineswegs als ein gleichgiltiger Eingriff anzusehen sein. Vermeidet man dieselbe dadurch, dass man Krebsen den Darm vom After aus bis zur Mundhöhle hin mit Strychninlösung anfüllt, so bleibt das Thier auch nach mehrmaliger Wiederholung der Einspritzung am Leben, vorausgesetzt, dass man es in einem etwas Sand und wenig Wasser enthaltenden Steintrog oder zwischen frischem Gras aufbewahrt. Noch günstiger erweisen sich dem Versuche grosse Wasserkäfer, welche

[1] *Sur les effets des substances toxiques.* 1857. S. 363.

[2] *Vergleichend-physiologische Studien.* 1880. 1. Abthlg. S. 87.

bekanntlich vorgehaltene Stückchen Froschfleisch begierig ergreifen und aufzehren. Waren die letzteren mit Strychninlösung durchtränkt und ist noch überdies das Wasser, in dem die Thiere schwimmen, mit dem Gifte gesättigt, so bleibt trotzdem die Beweglichkeit und das Leben vollkommen unangetastet, wenn die Käfer auch tagelang bei derselben Fütterung in dem gleichen Medium verharren.

Die Folgerungen, welche aus diesen Thatsachen zu ziehen sind, gehen selbstverständlich über die soeben abgeleitete weit hinaus. Um die Unwirksamkeit des Giftes auf die Wirbellosen zu erklären, müsste man annehmen, entweder, dass der im Gehirn und Rückenmark vorhandene reflectorische Apparat in seinen wesentlichen Stücken eine andere chemische Zusammensetzung besitze, als derjenige der Wirbelthiere. Oder es müsste, wenn man die grundsätzliche Verschiedenheit der beiden Gleiches leistenden Apparate nicht annehmbar findet, unterstellt werden, dass mit Hülfe des Strychnins aus einem Stoffe, dessen Anwesenheit für das Entstehen der Reflexe nicht unbedingt nöthig wäre, eine Verbindung hergestellt werde, welche nun erst die Vergiftung herbeizuführen vermöchte.

In der Absicht, die Wirkungen des Strychnins kurz und übersichtlich zusammenzufassen, pflegen sich die Lehrbücher der Gift- und Arzneimittellehre dahin auszudrücken: dem Strychnin ruhe die Befähigung inne, einen Widerstand aufzuheben, der sich innerhalb des Nervencentrums der Auslösung und Ausbreitung der Reflexe entgegenstelle. Vergegenwärtigt man sich aber die Summe der Erscheinungen, welche die Reizung der sensiblen Nerven aus dem vergifteten Rückenmark hervorbringt, so ergiebt sich das Unzureichende des obigen Satzes. Nur dann würde er den Ansprüchen, die er macht, genügen, wenn die Wirkung des Strychnins ihren Abschluss darin fände, dass die minimale Grenze der Reize, welche einen Reflex auslösen, um so tiefer sinken, und dass gleichzeitig der Umfang und die Dauer der Bewegung um so mehr wachsen kann, auf je höheren Stufen des Vergiftungsgrades sie angewendet und ausgegeben wurde. Nun gehen aber die Folgen der Strychninvergiftung hierüber hinaus, weil das eine ihrer Kennzeichen, der allgemeine Muskelkrampf, unverändert fortbestehen kann, indess das andere, die Wirkungsfähigkeit der sensiblen Reize, mannigfache Wandlungen erfährt. War dem Thiere eine längerdauernde Ruhe gegönnt, so brachte auch der kleinste wirksame Reiz schon einen maximalen Tetanus hervor, unmittelbar aber nach dem ausgegebenen Reflexe bedurfte es starker Reize, um auch nur mässige Tetani hervorzulocken, und gleichzeitig nahm nun der Umfang der krampfhaften Contractionen mit der Stärke des Reizes zu. Sonach ist die Leichtigkeit, mit welcher sich die reflectorische Erregung durch das Rückenmark hindurch verbreitet unabhängig von dessen Erregbarkeit durch sensible Reize. — Auf eine tiefere Veränderung, als die

der einfachen Beweglichkeit seiner Theile weist endlich die Eigenschaft des vergifteten Reflexapparates hin, seine vorher besessene Befähigung zur Summirung mehrerer für sich unwirksamer Einzelreize eingebüsst zu haben.

Aus einer Kenntniss, die sich auf die Wirkungen der Reize beschränkt, wird sich überhaupt keine Theorie der Strychninwirkung ergeben. Einfach darum nicht, weil uns hiermit nur eine Aeusserung bekannt wird, die aus den inneren Veränderungen des reflectirenden Werkzeuges hervorgeht; über Art und Grad der letzteren bleiben wir dagegen nach wie vor im Unklaren.

Vorläufiger Bericht

über die von Prof. Gustav Fritsch in Aegypten angestellten neuen Untersuchungen an elektrischen Fischen.

Vom Herausgeber.[1]

Hr. Prof. Fritsch, dem die Akademie Mittel der Humboldt-Stiftung bewilligte, um in Aegypten an Malopterurus und Mormyrus, am Mittelmeer an Torpedo seine an Gymnotus begonnenen Untersuchungen über elektrische Organe fortzusetzen, ist am 28. September v. J. in Alexandrien gelandet und sofort an die Arbeit gegangen, die er seitdem in Cairo, Suez, El Mansura im Delta, wie auch höher hinauf am Nil bis jenseit des ersten Kataraktes fortsetzte. Er hat mir eine Reihe Briefe voll wichtiger Ergebnisse geschrieben. Diese stelle ich hier kurz zusammen, da die Briefe wörtlich abgedruckt zuviel Platz nehmen, auch die zugehörigen Zeichnungen für die Monatsberichte sich nicht eignen würden. Der Augenblick erscheint um so passender, um über Prof. Fritsch's Arbeiten zu berichten, als dieser sich anschickt, Aegypten zu verlassen, daher seine Untersuchungen an Nilfischen, abgesehen von eingelegtem Material, vorläufig zu Ende sind.

I. Malopterurus electricus.

1. Zur Naturgeschichte, und zur Anatomie mit Ausschluss des elektrischen Organs.

Leider muss sogleich gesagt werden, dass es Prof. Fritsch so wenig wie seinen Vorgängern gelang, etwas Sicheres über Fortpflanzung und Ent-

[1] Mitgetheilt aus den *Monatsberichten der Kgl. Preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin.* 22. Dec. 1881. S. 1149 ff.

wickelung des Malopterurus zu erfahren. Vielmehr besteht der Fortschritt, den er in dieser Kenntniss machte, wesentlich nur in der näheren Begründung der Einsicht, dass die hier entgegenstehenden Schwierigkeiten noch grösser sind, als wir bisher glaubten, da man nicht einmal weiss, wo der Zitterwels laicht. Hr. Babuchin hatte mündlich Prof. Fritsch die Vermuthung mitgetheilt, dass die Brutstätten des Malopterurus am oberen Nil zu suchen seien. Prof. Fritsch ist gleichfalls zur Ueberzeugung gelangt, dass sich das Brutgeschäft keinesfalls im Nil selber vollzieht; über den Ort, wo es vor sich geht, wagt er keine Meinung zu äussern; die Ermittelung dieses Ortes ist die nächste hier zu lösende Aufgabe.

Aus der Annahme, dass der Malopterurus nicht im Nil laiche, erklärt sich erstens das monatelange Verschwinden des Fisches aus dem Strome; zweitens der unentwickelte Zustand, worin die Hoden der übrigens spärlich vorkommenden Männchen stets gefunden wurden. Prof. Fritsch traf auch die Eierstöcke im October so unentwickelt, „dass man von den untersuchten „Individuen glauben möchte, sie gelangten überhaupt nicht zur Fortpflanzung.“ Die Monate Juli und August erschienen ihm unter diesen Umständen als wahrscheinlichste Zeit für das Brutgeschäft. Drittens stimmt mit dieser Annahme, dass die arabischen Fischer nie kleinere als fingerlange Malopteruri sahen.

So wenig bestätigten sich in diesem Herbste, bei freilich ungewöhnlich hohem Stande des Nils und auffallend kaltem und rauhem Wetter, die üblichen Angaben über das Vorkommen des Fisches, dass es Prof. Fritsch während seines ganzen Aufenthaltes nicht gelang, ein lebendes Exemplar zu erhalten. Trotz der angestrengtesten Bemühungen und der Unterstützung sowohl einflussreicher Privatpersonen wie auch der Behörden, welchen er durch Vermittelung des Auswärtigen Amtes auf das Wirksamste empfohlen war, musste er mit Thieren vorlieb nehmen, die während des Transportes abgestorben waren. Ja während nach Bilharz die Häufigkeitscurve des Fisches ihr Maximum im November erreicht,[1] bekam Prof. Fritsch seit dem 23. November bis zu seinem letzten Brief vom 11. December, überhaupt keinen Malopterurus mehr.

Neu und für künftige Forscher wichtig ist die Bemerkung, dass man das Geschlecht des Malopterurus äusserlich, an der Cloake, unterscheiden kann. Prof. Fritsch hat diesen Unterschied, auf welchen die Fischer ihn aufmerksam machten, bildlich dargestellt. Er fällt mit einem Unterschiede des Gesammthabitus zusammen, indem die von den Fischern als männlich bezeichneten Fische schlanker waren, und ihre grösste Breite den Brust-

---

[1] *Das electrische Organ des Zitterwelses anatomisch beschrieben* u. s. w. Leipzig 1857. Fol. S. 1.

flossen näher lag. Sonderbarer Weise aber fand Prof. Fritsch Eierstöcke in den von den Fischern als männlich bezeichneten Individuen. Deutliche Hoden in den angeblichen Weibchen sah er noch nicht. Dass die Bildung von Bedeutung, scheint daraus zu folgen, dass bei den angeblichen Weibchen die sogenannte Harnblase links, den angeblichen Männchen rechts vom Mesokolon liegt.

In meinem Werk über den Zitteraal regte ich die Frage an, ob die Schläge der Zitterfische sie vor Schmarotzern schützen?[1] In Bezug hierauf interessirt es, dass Prof. Fritsch bei Malopterurus zweimal eine schöne Taenie und ein Trichosomum, vier- bis fünfmal ein Phyllobothrium antraf, worüber, soviel er sich erinnerte, in der Literatur nichts steht.

2. Zur Anatomie des elektrischen Organs.

Gewichtsverhältnisse.

Bei Bilharz' Bestimmung, dass das Gewicht des Malopterurus-Organs $\frac{1}{3\cdot55}$ des Körpergewichtes betrage,[2] scheint nach Prof. Fritsch ein Versehen vorgekommen zu sein, da selbst bei der von Bilharz angegebenen sehr ungewöhnlichen Länge von 22″ ein Malopterurus kaum 8 Pfund wiegen dürfte. Prof. Fritsch's Wägungen an 19 Thieren, wobei die absoluten Gewichte (der Organe) von $9\cdot8^{\mathrm{grm}}$ bis $302\cdot0^{\mathrm{grm}}$ schwankten, ergaben für die leichtesten ein Verhältniss von etwas unter $^1/_3$, für die schwersten von nahe $^1/_2$. Soweit die Reihe ein Urtheil erlaubt, wächst das Verhältniss mit der Grösse des Fisches.[3] Die ungeheure Entwickelung des Organs, verbunden mit der auffälligen Verkümmerung der Geschlechtsdrüsen, könnte, wie Prof. Fritsch bemerkt, fast die Vorstellung erwecken, als gehe das hochgesteigerte elektrische Vermögen einher mit Unfruchtbarkeit.

---

[1] Dr. Carl Sachs' *Untersuchungen am Zitteraal, Gymnotus electricus.* Nach seinem Tode bearbeitet von E. du Bois-Reymond. Mit zwei Abhandlungen von Gustav Fritsch. Leipzig 1881. S. 293. 410.

[2] A. a. O. S. 29. — *Untersuchungen am Zitteraal* u. s. w. S. 17. 18.

[3] Das Organ nimmt somit beim Wachsen schneller an Querschnitt zu, oder an Widerstand ab, als ob es sich ähnlich bliebe; d. h. schneller an Widerstand ab, als der Fisch an Länge zunimmt. Da Malopterurus im Süsswasser lebt, scheint dies im Widerspruch mit dem von mir bei Gymnotus erkannten Gesetze, wonach beim Wachsen des Fisches besonders die elektromotorische Kraft vergrössert wird (*Untersuchungen am Zitteraal* u. s. w. S. 15 bis 17). Doch ist nicht zu übersehen, dass am einzelnen Fisch das Zitterwelsorgan überhaupt schon so lang ist, wie es füglich sein kann, so dass, wenn beim Wachsen des Fisches seine Wirkung noch mehr gesteigert werden sollte, als durch das der Länge des Fisches proportionale Längen- und Dickenwachsthum des Organs, dies nicht anders möglich war, als durch noch weiteres Dickenwachsthum.

Gestalt der Fächer.

Die von Bilharz angegebenen Dimensionen der Platten fand Prof. Fritsch im Allgemeinen richtig. Die Fächer passen sich ihnen besonders auf der (hinteren) Nervenseite eng an, und erscheinen nach dieser hin leicht convex. Die andere mehr ausgebuchtete Seite der Platte wird auch von einer mehr pyramidalen Fachwand überspannt, wozu der nach derselben Seite aufgebogene Rand der Platte erheblich beiträgt. Bei erwachsenen Individuen sind die bindegewebigen Fachwände sehr stark im Gegensatz zu jugendlichen, bei welchen sie bis zur Unkenntlichkeit zart erscheinen.

Zahl der Platten.

Die Zahl der Platten in einem mittelgrossen Malopterurus, von 320 ^{mm} Länge, veranschlagt Prof. Fritsch zu etwa anderthalb Millionen. Sorgfältig präparirte und conservirte Organe von verschieden grossen Exemplaren sind bestimmt, nach seiner Rückkehr zur Untersuchung zu dienen, ob sich der delle Chiaie-Babuchin'sche Satz von der Präformation der elektrischen Elemente [1] auch an Malopterurus bestätige.

Lage und Bau der Plattenstiele.

Die Stiele durchbohren von der Platte beginnend zunächst die Fachwände der hinter dem Plattennabel zusammenstossenden Nachbarplatten, stellen sich aber sofort diesen Wänden parallel.

Querstreifung im Stiel ist nicht wahrgenommen. Prof. Fritsch's Discussion über den Uebergang des Stieles in die Terminalfaser des elektrischen Nerven eignet sich nicht zum Auszuge. Thatsächlich ist, dass der dünne Theil des Stieles sich gegen Goldsalze und Ueberosmiumsäure ähnlich verhält wie die Nerven, wenn die Platte noch ganz ungefärbt erscheint.

Homologie des elektrischen Nerven.

Bilharz hat Geoffroy St. Hilaire's Behauptung zurückgewiesen, der elektrische Nerv des Malopterurus sei der N. lateralis N. vagi; [2] aber weder er noch Andere sind dem Verlauf des N. vagus selber bei diesem Fische nachgegangen, und so entstand die Meinung, der Malopterurus besitze überhaupt kein Seitennervensystem. Zwar spricht Bilharz schon von

---

[1] *Untersuchungen am Zitteraal* u. s. w. S. „Präformation“ im Register.
[2] A. a. O. S. 15. 17.

einem N. lateralis N. trigemini, doch lässt er dessen Verhältniss zum Truncus lateralis N. trigemini anderer Fische unerörtert.

Prof. Fritsch gelang es ohne Schwierigkeit, beim Malopterurus ein vollständiges Seitennervensystem des N. vagus nachzuweisen, welches sich hinsichtlich des Ursprunges und der Verbreitung von dem verwandter unelektrischer Fische nur dadurch unterscheidet, dass es etwas tiefer liegt und Aeste zur Analflosse sendet, die sonst der Ramus ventralis des N. lateralis Trigemini abgiebt.

Um die Bedeutung zu würdigen, welche Prof. Fritsch dieser Thatsache beilegt, muss man im Auge halten, dass nach Hrn. Babuchin die vollkommenen elektrischen Organe von Torpedo, die unvollkommenen des gemeinen Rochen, umgewandelter quergestreifter Muskel sind. Zwar ist bei Gymnotus der ontogenetische Beweis für das entsprechende Verhalten noch nicht geliefert, doch fehlt es nicht an histologischen Gründen dafür, und Prof. Fritsch hat gezeigt, dass dem Gymnotus gewisse Muskelpartien abgehen, von denen sehr wahrscheinlich ist, dass sie in elektrisches Gewebe verwandelt wurden.[1] Vom Malopterurus-Organ ist schon seiner Lage nach nicht zu verstehen, wie es quergestreiftem Muskel homolog sein sollte. Sichtlich gehört es dem Hautsystem an. Da der Ramus superficialis des vagalen Seitennerven, so weit bekannt, stets auf der quergestreiften Musculatur lagert, ist der vergleichend-anatomische Beweis erbracht, dass das Organ ein Hautorgan ist, und die Annahme, es sei aus quergestreiftem Muskel entstanden, erscheint unhaltbar, es sei denn, dass man solchen Muskel auch im Hautsystem nachweise.

Prof. Fritsch ist geneigt, den elektrischen Nerven als Homologon des Ramus ventralis lateralis N. trigemini zu deuten, da an der Stelle, wo er das Halsmark verlässt, die sogenannte aufsteigende Trigeminuswurzel liegt, und, um jene Deutung zu begründen, es nur des Nachweises bedürfe, dass diese Wurzel bei Malopterurus das Mark früher (d. h. weiter hinten) verlässt als sonst.

Denkbare Homologie des Malopterurus-Organs.

Durch Hrn. Babuchin's Entdeckung der Entstehung des Torpedo- und des Rochenorgans aus quergestreiftem Muskel, durch den von Prof. Fritsch gelieferten entsprechenden Nachweis bei Gymnotus, schien die schon von Hrn. Darwin selber bemerkte Schwierigkeit beseitigt, welche die elektrischen Organe, als der Homologie ermangelnd, der Descendenztheorie boten.[2] Wie

[1] *Untersuchungen am Zitteraal* u. s. w. S. 355.

[2] *Ebenda*, S. 66 ff.

aber ist bei Malopterurus diese Schwierigkeit zu heben, wenn kein quergestreifter Muskel da ist, der sich in elektrisches Gewebe verwandeln könnte? Prof. Fritsch hatte in unserem Buche über Gymnotus vermuthet, das Malopterurus-Organ sei aus glatten Muskeln der Haut entstanden.[1] Jetzt überzeugte er sich, dass auch glatte Muskelfasern der Fischhaut durchaus fehlen.

Indem er nun die Haut des Malopterurus genau auf ihre histologischen Elemente prüfte, stiess er auf eine Kategorie von Zellen, welche von seinen Vorgängern unbeachtet, ihm in hohem Grade bemerkenswerth erschienen. Dies sind Gebilde ähnlich den von Hrn. Leydig in der Haut besonders sehr schlüpfriger Fische, wie des Aals und Schleies, beschriebenen „Schleimzellen".[2] Nach Hrn. Leydig kommen die Schleimzellen in der Aalhaut nur vereinzelt vor, und haben nur einen Kern. Wie eine von Prof. Fritsch mit dem Oberhäuser'schen Zeichenapparat entworfene Figur zeigt, lässt die Malopterurus-Haut solche Zellen in ungeheurer Menge erkennen; sie überragen weit die gewöhnlichen Epidermiszellen des Stratum Malpighii und der daran sich schliessenden zottenartigen Verlängerungen. Sie sind birnförmig, keulenförmig oder mehr rundlich polygonal, und zeigen stets kürzere oder längere in die Tiefe dringende Fortsätze, deren einer als der vornehmste sich an dünnen Schnitten bis in das Corium verfolgen lässt. Die durchschnittliche Grösse dieser Zellen beträgt $0 \cdot 130^{mm}$ Länge bei $0 \cdot 050^{mm}$ Breite. In Glycerinpräparaten erscheint ihre Wand deutlich punktirt. Im Inneren lagern stets mehrere Kerne, der Regel nach zwei, die mit einem helleren, öfter zu Ecken oder Spitzen ausgezogenen Hof umgeben sind. Diese Kerne sind gewöhnlich rundlich, von etwa $0 \cdot 015^{mm}$ Durchmesser, oft auch unregelmässig, mit Spuren sich vollziehender Theilung.

An Goldpräparaten erkennt man, dass Axencylinder von Hautnerven sich höchst wahrscheinlich mit den in die Tiefe dringenden Zellfortsätzen verbinden. Jedenfalls stellt sich diese Verbindung überzeugender dar, als bei den Fortsätzen der Riechzellen höherer Thiere.

Die Schleimzellen sind nur etwa dreimal kleiner als die elektrischen Platten der kleinsten Zitterwelse, welche Prof. Fritsch in die Hände fielen. Er bildet eine Schleimzelle bei 540-, eine solche kleinste Platte bei 200maliger Vergrösserung ab, und die Aehnlichkeit beider Gebilde tritt so hervor. In der That entsteht die Frage, ob nicht die Malopterurusplatten mit den

---

[1] *Untersuchungen am Zitteraal* u. s. w. S. 389.

[2] Leydig in v. Siebold's und Kölliker's *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie.* 1851. Bd. III. S. 2; — in seinem *Lehrbuche der Histologie des Menschen und der Thiere.* Frankfurt a. M. 1857. S. 96. — Eine neuere Uebersicht des Gegenstandes s. in Pagenstecher's *Allgemeiner Zoologie* u. s. w. Berlin 1881. Th. IV. S. 637.

Schleimzellen einerlei Ursprungs, verwandelte Schleimzellen seien? Man hätte sich die Platten als entstanden zu denken durch eine unter Kernvermehrung vor sich gehende Entwickelung epithelialer Zellen zu elektrischen Riesenzellen. Die Kerne der Schleimzellen würden durch fortgesetzte Theilung zu den bekannten Sternzellen der elektrischen Platten.[1] Der mit Nerven in Verbindung tretende Fortsatz der Schleimzellen würde zum Stiel der Platte, an welchem man deshalb vergeblich nach Querstreifung sucht (s. oben S. 64). So würde verständlich, dass die elektrischen Platten des Zitterwelses an beiden Flächen punktirt sind, während die des Zitterrochen und Zitteraales die Boll'sche Punktirung nur an der einen Fläche darbieten.[2] Auch die Innervation des Organs durch einen Trigeminuszweig erschiene in der Ordnung. Den Malopterurusplatten fehlte dann Hrn. Babuchin's *metasarkoblastisches* Glied,[3] es wäre, wie ich Prof. Fritsch's Gedanken einkleiden möchte, durch ein *metadenoblastisches* Glied ersetzt.

Freilich stösst diese Auffassung auf die Schwierigkeit, dass Schleimzellen und Organ durch das dichtgewebte Corium von einander getrennt sind. Im Hinblick auf ähnliche Verhältnisse am sogenannten Schmelzorgan der Zähne und an den Schweissdrüsen hält Prof. Fritsch diese Schwierigkeit nicht für unüberwindlich.

Vom physiologischen Standpunkt hätte ich Folgendes hinzuzufügen. Die Drüsen sind bekanntlich gleich Muskeln und Nerven der Sitz elektromotorischer Kräfte, welche da hervortreten, wo, wie beispielsweise an der Froschhaut, eine Fläche musivisch mit Drüsen besetzt ist. Der Froschhaut-Drüsenstrom zeigt beim Tetanisiren der Hautnerven eine Schwankung. Unter den Möglichkeiten, in Abwesenheit quergestreifter und glatter Muskeln, die Entstehung des elektrischen Organs in der Haut des Zitterwelses zu erklären, war auch die, dass es aus Hautdrüsen geworden sei. Hrn. Leydig's Angabe, dass der Fischhaut Drüsen fehlen,[4] schien dieser Vermuthung den Boden zu entziehen; nun käme sie dadurch wieder zu stehen, dass er die Schleimzellen der Fischhaut mit den einzelligen Drüsen der Wirbellosen vergleicht:[5] unter der Voraussetzung, dass die Ströme der Drüsen diesen selber, nicht, wie Hr. Engelmann will,[6] deren glatten Muskeln angehören. Es ist hier nicht der Ort, diese verwickelten Fragen genauer zu erörtern, nur der auffallenden Thatsache sei noch gedacht, dass während sonst die Fischhaut die Ströme der Amphibienhaut vermissen lässt, ich ähnliche Ströme,

---

[1] *Untersuchungen am Zitteraal* u. s. w. S. 41.

[2] *Ebenda,* S. 46. 290. 291. 391.

[3] *Dies Archiv,* 1876. S. 503 ff.

[4] *Lehrbuch der Histologie* u. s. w. S. 84.

[5] *Ebenda,* S. 97.

[6] Pflüger's *Archiv für die gesammte Physiologie* u. s. w. 1872. Bd. VI. S. 97 ff.

nur umgekehrt und schwächer, bei Malopterurus fand.[1] Eine Thatsache, deren Bedeutung aber wieder dadurch verdunkelt wird, dass Sachs dergleichen Ströme auch an der Haut vom Gymnotus beschreibt,[2] dessen Organ sicher nicht aus Schleimzellen hervorging. Endlich wenn die Rede davon ist, dass elektrische Platten aus Schleimzellen entstehen können, muss an die hervorragende Rolle erinnert werden, welche nach Hrn. Weyl das Mucin als chemischer Bestandtheil des Torpedo-Organs spielt.[3]

Es überrascht gewiss nicht wenig, die Lehre von den elektrischen Fischen schliesslich zur Lehre von der Absonderung in Beziehung treten zu sehen. Um so mehr beklagt man die Hindernisse, die den einzigen sicheren Weg zur Lösung der angeregten Fragen, den der Entwickelungsgeschichte des Organs, für's Erste allem Anschein nach fast aussichtslos versperren.

3. Zur feineren Anatomie des Nervensystems.

Centralorgan des Nervensystems überhaupt und elektrisches Centralorgan.

Die Untersuchung des Hirns oder Rückenmarkes im Allgemeinen hat Prof. Fritsch aus leicht ersichtlichen Gründen noch nicht ausgeführt, sondern nur durch Conservirung von Material hinreichend vorbereitet, um sie zu Hause sicher vornehmen zu können. Nur die wunderbare Riesenganglienzelle im Halsmark, aus welcher nach Bilharz' Entdeckung im Jahr 1856 der Axencylinder des nicht minder wunderbaren elektrischen Nerven, wie wir glaubten dem Deiters'schen Fortsatze der motorischen Ganglienzellen vergleichbar, entspringt,[4] hat Prof. Fritsch schon jetzt mikroskopirt und mit dem Zeichenapparat abgebildet. Nicht das am wenigsten Merkwürdige an diesem Gebilde ist, dass die Emsigkeit der Histologen ein Vierteljahrhundert verstreichen liess, ohne dass meines Wissens wieder Einer es sich besah. Gleich Bilharz stiess Prof. Fritsch bei den Versuchen, die Ganglienzelle zu isoliren, auf grosse Schwierigkeiten. Er ging ihr daher mit dem Mikrotom zu Leibe, und stellte zunächst eine vollständige Serie sagittaler Rückenmarksschnitte her. Der erste Blick in das Mikroskop enthüllte ihm eine ebenso fremdartige wie bedeutende Thatsache: die elektrische Nervenfaser des Malopterurus ist kein Deiters'scher Axencylinderfortsatz der Riesenganglienzelle. Wie die ein-

[1] E. du Bois-Reymond, *Gesammelte Abhandlungen zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysik.* Leipzig 1877. Bd. II. S. 718.

[2] *Untersuchungen am Zitteraal* u. s. w. S. 172.

[3] *Monatsberichte der Kgl. Preuss. Akad. der Wissensch. zu Berlin.* 1881. S. 383.

[4] A. a. O. S. 22.

gesandte Figur zeigt, „erheben sich von dem gleichmässig und fein granu-„lirten Zellenleibe mächtige Protoplasmafortsätze, welche meist unter baldiger „Verästelung sich in bestimmter Weise krümmen, so dass eine Art Mantel „oder Geflecht um die Zelle etwa im Abstand ihres mittleren Durchmessers „gebildet wird. Aus diesem Geflecht entsteht durch Verschmelzung einer „grösseren Anzahl von Fortsätzen die elektrische Nervenfaser.“

Der Deiters'sche Fortsatz ist den motorischen Ganglienzellen eigenthümlich, und die elektrischen Ganglienzellen des Gymnotus-Rückenmarkes wie die des elektrischen Lappens bei Torpedo mit ihren typischen Axencylinderfortsätzen sind motorischen Zellen entschieden homolog. Die elektrische Zelle des Malopterurus-Rückenmarkes, obschon centrifugal thätig, entbehrt dieses motorischen Charakters. Andererseits bietet sie, wie Prof. Fritsch bemerkt, das prächtigste Beispiel für die von einigen Beobachtern behauptete, aber, soviel ihm bekannt, nie bewiesene Aussendung von Nervenfasern durch Protoplasmafortsätze. Von den theoretischen Betrachtungen, zu denen dieser Befund Prof. Fritsch anregt, sei nur erwähnt, dass das Verhalten des elektrischen Nerven ihn an das der Chorda tympani erinnert, welche mit dem motorischen N. facialis austritt, um in einen Trigeminusast überzugehen und in einer Drüse zu enden. So verlasse die elektrische Nervenfaser das Rückenmark mit motorischen Nerven und schliesse sich einem Trigeminusast an, um zum elektrischen Organ (einem umgewandelten drüsigen Organ) zu verlaufen.

Die Zelle ist nicht, wie Bilharz angiebt, rundlich, sondern mehr unregelmässig linsenförmig. Die Linse ist im Fisch orientirt, als wäre die Krystalllinse im menschlichen Auge um einen rechten Winkel um ihren senkrechten Durchmesser gedreht. Der Durchmesser beträgt 0·210, die Axe 0·105 mm. Der Kern erreicht 0·060 mm; schon bei 200 maliger Vergrösserung erweist er sich als bläschenförmig: man erkennt doppelt contourirte Kernmembran, Kernmantel und netzförmiges Gerüst von Kernsubstanz, mit excentrisch eingebettetem, 0·010 mm grossem Kernkörperchen. In diesem unterscheidet man noch ein stärker lichtbrechendes, hell auf leuchtendes Körnchen. Der Kern lagert in einem zarten, feinkörnigen Protoplasma, welches das neutrale Carmin willig aufnimmt; von dem bei motorischen Ganglienzellen so häufig vorhandenen Pigment ist keine Spur zu entdecken.

Die Fortsätze zeigen dieselbe Beschaffenheit wie das Zellprotoplasma, nur erscheint ihre Substanz zarter, durchsichtiger. Die von ihnen ausstrahlenden feinsten Verzweigungen verlieren sich bald in der dichten Neuroglia der Umgebung. Die stärksten unter diesen Fortsätzen, welche, wie schon erwähnt, sich concentrisch um die Zelle krümmen, vereinigen sich nach unten zum breiten Ursprung der elektrischen Faser.

Der elektrische Nerv.

Die so entstandene Faser sieht höchst eigenthümlich aus, fast als habe ein gallertiges Gebilde durch Schrumpfen unregelmässige Falten gebildet. Dagegen zeigen die benachbarten breiten Axencylinder des Vorderstrang-Grundbündels, besonders die etwas weiter unten verlaufende, im Gesichtsfelde nicht mehr erscheinende Mauthner'sche Faser, ganz das bekannte bandförmige Aussehen, und Andeutung fibrillären Baues. Aus den um das Geflecht der Fortsätze angehäuften Markmassen sammelt sich die Markscheide der Faser; fälschlich lässt Bilharz sie erst aussen hinzutreten.

Starke, garbenartig zusammengruppirte Bündel von Stützfasern sind im Rückenmark um die Austrittsstelle der elektrischen Faser angehäuft. Sie setzen sich an die Pia mater, während von aussen aus dem Wirbelcanal gleichfalls starkes fibröses Gewebe an die Pia tritt, wodurch die austretenden Wurzeln ausserordentlich stark befestigt werden. Hier heftet sich auch die aus concentrischen Schichten um die austretende Faser sich bildende fibröse Faserscheide fest an.

Die von Bilharz abgebildeten Nervenwurzelgeflechte [1] zu präpariren, hält Prof. Fritsch für unmöglich, da es vollkommen mikroskopische Objecte sind. Bilharz' mikroskopisches Bild des elektrischen Nerven in seinem weiteren Verlaufe stimmt dagegen mit der Wirklichkeit befriedigend überein. Man erhält in der That schon bei der Untersuchung im frischen Zustand das Bild des Axencylinders mit den unsicheren Umrissen, wie Bilharz es zeichnet. [2]

Prof. Fritsch hat den Nerven in ganz schwachen Lösungen von Goldchloridkalium (1:4000) macerirt und unter dem Präparirmikroskop die Scheiden möglichst entfernt. Die letzten nicht ganz zu entfernenden Reste der Scheiden zeigten sich noch deutlich fibrillär; die Axencylindersubstanz war körnig geworden und liess keine weitere Structur erkennen. Bald schienen die Körnchen mehr in Längs-, bald mehr in Querreihen angeordnet, bald schien es als sei eine fast flüssige Masse unter dem Einfluss der Präparation seitlich ausgewichen.

Ueber die Theilungen des Axencylinders, die dabei stattfindende Vermehrung der Nervensubstanz und Anderes mehr, behält sich Prof. Fritsch Untersuchungen an eingelegtem Material vor.

---

[1] A. a. O. Taf. III. Figg. 7. 8.

[2] A. a. O. Taf. III. Figg. 9. 10.

II. Mormyrus Spec.

1. Vorkommen.

Prof. Fritsch erhielt M. Caschive, oxyrhynchus, Hasselquistii, cyprinoïdes, dorsalis, bovei, elongatus (?) frisch in wechselnder Häufigkeit, wie es scheint, ungleich leichter als Malopterurus.

2. Bau des Mormyrus-Organs.

Nach Prof. Fritsch sind die verzweigten Röhrensysteme mit ihrem körnigen Inhalt, wie schon Marcusen vermuthete, Fortsetzungen der punktirten sogenannten nervösen Schicht der Platten, nicht „blasse Nervenfasern“ oder „verschmolzene Axencylinder“. Gegen die nervöse Natur der Röhrensysteme sprechen: die Art der Verbindung mit der Platte, der Zusammenhang des körnigen Inhaltes, die Oesenbildungen der Röhren, ihre Massenhaftigkeit, Widerstandsfähigkeit gegen Agentien, Reactionen bei Goldbehandlung, endlich gerade die Art ihrer Verbindung mit den Nerven. An der Mormyrus-Platte, besonders wo einzelne Nervenfasern häufig sind wie bei M. cyprinoïdes, ist die Grenze zwischen Zapfen und Nervenfaser leichter zu sehen als die zwischen Faser und Stiel an der Malopterurus-Platte (vergl. oben S. 64). Von einem nach zwölfstündiger Behandlung eines solchen Organs mit Goldchloridkalium (1:2000) frisch dargestellten Sagittalschnitte hat Prof. Fritsch mit dem Oberhäuser'schen Apparat bei 200 maliger Vergrösserung eine Zeichnung entworfen, auf welcher ich die obigen Umstände deutlich vor Augen habe. Dies ist eins der Mormyrus-Organe mit gleichsam ausgestanzten Löchern in der Platte, durch welche Zapfen hindurchtreten, um sich mit Nervenfasern zu verbinden; ein Verhalten, welches Max Schultze zu der sinnreichen, aber nach der Meinung anderer Histologen unhaltbaren Annahme führte, wodurch er die Abweichung des Malopterurus von der Pacini'schen Regel zu erklären versuchte.[1]

3. Mormyrus ein elektrischer Fisch.

Das Mormyrus-Organ gewinnt dadurch sehr an Interesse, dass es Prof. Fritsch gelang, unzweifelhafte elektrische Schläge davon zu erhalten.

---

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 620. 621.

Rüppel,[1] Hr. Peters,[2] Hr. Hartmann[3] haben nie etwas von einer elektrischen Wirkung der Mormyri erfahren; nur Hr. Babuchin erzählt, dass, als ihm ein grosser M. oxyrhynchus lebend in Wasser gebracht wurde, und sein Diener ihn am Schwanz ergriff, er laut aufschrie und ihn mit den Worten von sich schleuderte: „Der Fisch habe ihm weh gethan wie „der Raâd". Die Fischer lachten und sagten, dieser Fisch sei der Bruder des Raâd's. Doch konnte Hr. Babuchin demselben Thiere keinen Schlag mehr entlocken.[4] Als er aber, bei späterer Gelegenheit, den Ischiadicus des Krötenschenkels, dessen er sich als stromprüfenden Froschschenkels bediente, einem Mormyrus über dem elektrischen Organ anlegte, sah er den Schenkel in Zuckungen begriffen. Sie hörten auf, wenn der Nerv einer vom Organ entfernten Stelle auflag, verstärkten sich, wenn er das rasch entblösste Organ berührte, und verschwanden dauernd, als das Organ durch einen Scheerenschnitt vom Rückenmark getrennt wurde. Sichtlich rührten die zuckungerregenden Schläge von Innervationswellen her, welche das absterbende Rückenmark aussandte; wie Muskeln eines absterbenden Thieres zuweilen fibrillär zucken. Die Versuche glückten vielmals an mehreren Mormyrusarten; nur bei M. cyprinoïdes versagte der Erfolg, entweder wegen ursprünglich zu geringer Kraft des Fisches, oder weil er zu schnell abstirbt.[5]

Obschon Hr. Babuchin schon auf diese Thatsachen den Satz gründete: „Es existiren keine pseudoëlektrischen Organe.[6] Es giebt nur grosse und „starke, und kleine und schwache elektrische Organe" — wird man doch in der Erfahrung, die mir Prof. Fritsch am 9. d. aus Cairo telegraphirte, eine erhebliche Veränderung der Sachlage, und einen entscheidenden Fortschritt unseres Wissens anerkennen. Fortan wird man bei Aufzählung der elektrischen Fische sich nicht mehr auf Gymnotus, Malopterurus, die Torpedineen, vielleicht den gemeinen Rochen beschränken dürfen. Wenn wir zu beklagen pflegten, dass der Rhinobatus, der Tetrodon, der Trichiurus

---

[1] Nach mündlichen Aeusserungen gegen Hrn. Leuckart. Van der Hoeven, *Handbuch der Zoologie.* Nach der zweiten holländischen Ausgabe. Leipzig 1852—56. Bd. II. S. 119. Anm.

[2] *Naturwissenschaftliche Reise nach Mossambique* u. s. w. Zoologie. IV. Flussfische. Berlin 1868. 4°. S. 33.

[3] *Dies Archiv,* 1861. S. 653.

[4] *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften* u. s. w. 1875. S. 163.

[5] *Dies Archiv,* 1877. S. 271.

[6] So hatte ich, vor dreissig Jahren, vorgeschlagen, die Organe des gemeinen Rochen, der Mormyri und des Gymnarchus niloticus zu nennen, weil sie sich anatomisch als elektrische Organe darstellen, ohne dass es noch gelungen war, elektrische Wirkungen von ihnen zu erhalten. Vergl. *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 621; — *Untersuchungen am Zitteraal* u. s. w. S. 68.

electricus der älteren Lehrbücher endlich als physiologische Mythen aufgegeben werden mussten,[1] und der gemeine Roche als kümmerlicher Ersatz dafür erschien, so sind wir für jene Einbusse durch die artenreiche Gattung der Mormyri jetzt vollauf entschädigt.

Prof. Fritsch war in Begriff, in El Mansura, wo er längere Zeit verweilte, am Nachmittag den Eisenbahnwagen nach Cairo zu besteigen, als ein arabischer Fischer ihm einen zwar nur 165 ^{mm} langen, aber recht lebendigen Mormyrus oxyrhynchus brachte. Da Hr. Christoffel, Vertreter des Hauses Planta in El Mansura, behauptete, beim zufälligen Anfassen des Thieres elektrische Entladungen verspürt zu haben, nahm Prof. Fritsch den Fisch in einem Gefäss mit Wasser auf die Reise mit, und bald gelang auch ihm, unzweifelhafte elektrische Schläge dem Mormyrus zu entlocken. Der Fisch litt sichtlich sehr unter der Eisenbahnfahrt, obschon Prof. Fritsch, um die Stösse zu dämpfen, das Gefäss in einem Tuche schwebend in der Hand hielt. Auf den etwa halbstündlich sich folgenden Stationen versuchte er dann, den Mormyrus zum Schlagen zu bewegen, was auch trotz den sinkenden Kräften des Thieres auf allen gelang.

Es bestätigte jetzt ein mitreisender Europäer als dritte Person die elektrische Wirkung des Fisches, welcher in Tanta (der grossen Centralstation der Delta-Bahnen) gegen $6^h 50^m$ nach fast anderthalbstündiger Fahrt noch lebend ankam. Hier erhielt ein zufällig anwesender deutscher Bekannter, Hr. Hauptmann von Ahlers, im Ingenieurdienst beschäftigt, die letzte elektrische Entladung von dem Mormyrus, welcher anfing ein sterbendes Aussehen zu zeigen, und daher um 9^h aus dem Wasser genommen wurde, um conservirt zu werden.

Der Fisch hatte demnach seit $4^h 30^m$, wo er in Prof. Fritsch's Hände kam, bis um 7^h mindestens zwölf elektrische Entladungen vier verschiedenen gebildeten Europäern ertheilt, welche sämmtlich mit der Wirkung elektrischer Apparate vertraut sind. Ganz übereinstimmend verglichen diese Personen die Wirkung ihrem Charakter nach der eines plötzlich in Thätigkeit gesetzten Inductoriums, im Gegensatz zur momentanen Erschütterung durch eine Leydener Flasche.

Dass die Wahrnehmung des Mormyrus-Schlages bisher nicht gelang, lag in vielen Fällen wohl daran, dass man ihn nicht vortheilhaft vom Organ abzuleiten verstand. Wenn schon der Schlag nicht ganz kräftiger Zitter-

---

[1] Vergl. Rudolphi, *Grundriss der Physiologie.* Berlin 1821. Bd. I. S. 198 ff.; — Tiedemann, *Physiologie des Menschen.* Darmstadt 1830. Bd. I. S. 522 ff.; — und noch Joh. Müller, *Handbuch der Physiologie* u. s. w. 3. Aufl. Coblenz 1838. Bd. I. S. 66. — Dagegen in der 4. Aufl., 1844, S. 63. 64 ist der Irrthum erkannt. Vergl. übrigens v. Olfers, *Die Gattung Torpedo in ihren naturhistorischen und antiquarischen Beziehungen* u. s. w. Berlin 1831. 4⁰. S. 5. 6.

rochen nur bei unmittelbarer Berührung der Organe verspürt wird,[1] so ist dies vollends der Fall bei dem geringen Umfang des Mormyrus-Organs. Um die Wirkung sicher zu erhalten, muss man die Finger genau den beiden Polen der horizontalen, aus Platten aufgebauten Säulen anlegen. Am besten fasst man mit der einen Hand die Schwanzwurzel des schwimmenden Thieres, und hebt es daran etwas aus dem Wasser, während ein Finger der anderen Hand die Gegend des vorderen Organrandes, oder des Afters, seitlich berührt.

Die Entladung des verhältnissmässig kleinen Fisches reichte anfänglich bis in die Elbogen, später wurde sie nur noch in der Hand oder dem berührenden Finger gefühlt. Prof. Fritsch empfand sie am stärksten in dem das Kopfende ableitenden Arm; am Schwanzende war die Empfindung nicht nur schwächer, sondern auch dem Charakter nach verschieden, gleichsam milder.

Natürlich hängt die Entladung, wie bei den bisher bekannten elektrischen Fischen, vom Willen des Thieres ab, und nicht bei jeder Berührung erfolgt ein Schlag. Die Entladungen wurden von Zuckungen der äussersten Schwanzmuskeln begleitet, wie ähnliche Mitbewegungen an geschwächten Zitterrochen vorkommen.[2]

Leider fehlten Prof. Fritsch im Augenblick die Mittel, die Richtung des Schlages im Organe zu bestimmen. In meiner Abhandlung über lebend nach Berlin gelangte Zitterwelse machte ich schon darauf aufmerksam, dass, wenn Hrn. Robin's Angabe über die Richtung des Schlages am gemeinen Rochen richtig ist, auch dieser, gleich dem Zitterwelse, der Pacini'schen Regel sich entzieht.[3] Es wird nun vom höchsten Interesse sein, zu erfahren, wie die verschiedenen Mormyrusarten sich zu dieser Regel stellen; denn die Organe der verschiedenen Arten sind im Ganzen so ähnlich gebaut, dass man fast sicher annehmen kann, auch die anderen Arten werden elektrische Wirkungen zeigen. Welche Fluth physiologischer Aufgaben damit hereinbricht, bedarf nicht der Ausführung.

III. Torpedo Spec.

Schon in Alexandrien und Suez begann Prof. Fritsch, die Beantwortung gewisser Torpedo betreffender Fragen vorzubereiten. Er begiebt sich jetzt, zur gründlichen Behandlung dieser Fragen, an das Mittelmeer; und es wird zweckmässig sein, bis zu volleren Berichten seinerseits die Erwähnung dessen zu versparen, was seine bisherigen Briefe über Torpedo enthalten.

---

[1] *Untersuchungen am Zitteraal* u. s. w. S. 128.

[2] *Ebenda*, S. 261. 262.

[3] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. S. 621.

Zusatz zum obigen Bericht.[1]

Hr. Prof. Fritsch, der sich von Aegypten zunächst nach Smyrna wenden wollte, welches ihm von seiner persischen Reise als vortheilhafte Zitterrochen-Station bekannt war, wurde durch die in Kleinasien drohende Gesundheitssperre gezwungen, Aegypten schon am 17. December zu verlassen. In Folge der von ihm getroffenen Maassnahmen erhielt noch nach seiner Abreise Hr. Dr. Mantey in Cairo, dem er für diesen Fall Weisungen hinterlassen hatte, endlich einen lebenden Zitterwels.

Dr. Mantey schrieb Prof. Fritsch nach Smyrna unter dem 21. December: „Gestern Nachmittag $2^1/_2$ Uhr kam ein Effendi von der Polizei „mit einem Fellahchen und brachte mir einen grossen lebenden „Raâd", „der sich als äusserst kräftig erwies, obgleich er vom Fayum" — der etwa 17 deutsche Meilen von Cairo am linken Nilufer in der Libyschen Wüste gelegenen Oase — „gebracht worden war. Alsbald bestellte ich Frösche, „welche heute Mittag eintrafen. Der Fisch hatte sich inzwischen in der „Badewanne wohl befunden, und ich schritt sofort zum Experiment. Die „Schläge beim Anfassen des Thieres waren sehr stark, so dass ich mich ge„zwungen sah, ihn mit Gummipapier zu halten. Kaum hatte ich den „Ischiadicus des Froschschenkels an das freigelegte Organ gebracht (Ein„schnitt vom Rücken her), so zuckte der Schenkel prächtig, ebenso als ich „den elektrischen Nerven mit einer Scheere dicht am Kopfe durchschnitten „hatte.

„Dann knipste ich mit der Scheere immer abwechselnd ein„mal vom Schwanzende, einmal vom Kopfende Stückchen ab — „jedesmal dasselbe Ergebniss lebhaften Muskelzuckens von Sei„ten des Froschschenkels. Ich machte im Ganzen zehn Durch„schneidungen mit gleichem Erfolg."

Gegen Täuschungen durch galvanische Wirkung des Stahls oder den Muskelstrom des Schenkels war Hr. Mantey auf der Hut. So hat durch seine Vermittelung Prof. Fritsch schliesslich noch eine der Aufgaben gelöst, welche uns am meisten am Herzen lagen, die Bestätigung des schönen von Hrn. Babuchin gelieferten Beweises für die doppelsinnige Leitung der Nerven.[2]

---

[1] Dieser wichtige Zusatz ist einem Brief von Prof. Fritsch aus Smyrna vom 27. December 1881 entlehnt und konnte in den Monatsberichten nicht mehr Platz finden.

[2] S. *dies Archiv,* 1877. S. 262; — Demeter Boghean, *Ueber die Leitung der Neurilität in den Primitivnervenröhren.* Inaugural-Dissertation und gekrönte Preisschrift u. s. w. Berlin 1880.

Ueber die Fortpflanzung des Zitteraales (Gymnotus electricus).

Vom Herausgeber.

Die Fortpflanzung der Zitterfische interessirt doppelt: wegen der Entwickelung der elektrischen Organe, und wegen des Immunitätsproblems. Man erinnert sich, dass alle Bemühungen des verstorbenen Sachs, Sicheres über die Fortpflanzung des Zitteraales zu erfahren, vergeblich blieben. In der Bearbeitung seiner Untersuchungen entschied ich mich nach sorgfältiger Erwägung aller Thatsachen für eine Möglichkeit, an die er nicht gedacht hatte: dass Gymnotus Eier lege, aber, wie mehrere andere Fische derselben Gewässer, die Jungen in Maul und Kiemen grossziehe.[1] Unter den drei denkbaren Verrichtungen, die man den korallenartigen Papillen in Maul und Kiemen des Fisches zuschreiben kann, erschien mir als annehmbarste das Beherbergen der jungen Brut.[2]

Indem ich neulich das Reisewerk von v. Spix und v. Martius wegen der Schreibart des Curare's aufschlug,[3] stiess ich auf eine Angabe über die Fortpflanzung des Zitteraales, welche, wie es vereinzelten Notizen in Reisebeschreibungen geht, ganz verschollen war. Verdross es mich, sie übersehen zu haben, so freute es mich doch, meine obige Vermuthung dadurch einigermaassen bestätigt zu finden.

Spix und Martius selber sind bei ihrer Fahrt den Amazonas hinauf Zitteraalen begegnet. Martius erzählt:[4] „Wir schifften an der Mündung des *Lago d'el Rey* vorüber, und erblickten auf der Nordseite" — des Stromes — „ein anderes erhöhtes Uferland, die *Costa de Puraqué-Coara* (Zitter-

---

[1] Dr. Carl Sachs' *Untersuchungen am Zitteraal* (*Gymnotus electricus*). Nach seinem Tode bearbeitet von E. du Bois-Reymond. Mit zwei Abhandlungen von G. Fritsch u. s. w. Leipzig 1881. S. 124. 273. 409.

[2] *Ebenda*, S. 10. 100. 124.

[3] *Dies Archiv*, 1881. S. 577.

[4] *Reise in Brasilien auf Befehl Sr. Majestät Maximilian Joseph I.* . . . in den Jahren 1817—1820 gemacht u. s. w. Dritter und letzter Theil . . . Herausgegeben von Dr. C. F. P. von Martius. München 1831. 4⁰. S. 1090. 1091.

aalloch). Die Zitteraale sind hier in den Gruben des Ufergesteines sehr häufig, und wir verschafften uns noch an demselben Tage zwei grosse Fische, welche von den Indianern in der Montaria" — einem kleinen Nachen [1] — „harpunirt wurden. Später erhielten wir in der Barra do Rio Negro auch ein lebendes Exemplar, mit welchem wir zahlreiche Versuche anzustellen Gelegenheit hatten." In einer Anmerkung fährt Martius fort: „Da dieselben nichts Neues zu dem Bekannten hinzufügen, begnüge ich mich, auf die ausführliche Darstellung dieser merkwürdigen Erscheinung in Hrn. v. Humboldt's Werken hinzuweisen. Die Puraques[2] (Poraqués) am Amazonas und Rio Negro erwachsen bis zu einer Länge von sechs Fuss und der Dicke eines Mannsschenkels. Sie wiegen dann vierzig und mehr Pfunde.[3] Die Aalform und die dunkelgrüne Farbe[4] des Fisches vereinigen sich zu einem unangenehmen Bilde. Selten wird er gegessen. Sein Fleisch ist schwer verdaulich.[5] Er lebt in grossen Banden vereinigt.[6] Monteiro versichert (§. 82.), dass er Eier lege, aber die ausgekrochenen Jungen, wie der Pirarucú und andere Knorpelfische, zwischen den Kiemen eine Zeit lang beschütze."

Ueber Monteiro ertheilt Martius Auskunft in einer Uebersicht der früheren Reisenden am Amazonas.[7] 1784, 87, 88 machte der Bischof von Pará, D. Caetano Brandão, vier Visitationsreisen durch seine Diöcese. Sein Tagebuch, kirchlich-administrativen und statistischen Inhalts, ist abgedruckt im *Jornal de Coimbra*, 1815. „Wahrscheinlich ist", sagt Martius, „wenigstens zum Theil, auch als Resultat dieser geistlichen Visitationsreisen ein anonymes Manuscript zu betrachten, welches in das *Jornal de Coimbra* vom Jahre 1820 aufgenommen worden ist, und den Capitularen und (in Brandão's Abwesenheit) Provisor do Bispado Jozé Monteiro de

[1] *Reise* u. s. w. S. 942. 943. — Ueber das Harpuniren von Zitteraalen vergl.: *Untersuchungen am Zitteraal* u. s. w. S. 91. 92. 406.

[2] Auch den an den brasilianischen Küsten vorkommenden Zitterrochen (Narcine brasiliensis Henle) nennen die Eingeborenen Puraqué. Der Name kommt zuerst bei Marcgrav vor und spielt eine Rolle in der Geschichte des lange fälschlich für elektrisch gehaltenen Rhinobatus (Vergl. v. Olfers, *Die Gattung Torpedo in ihren naturhistorischen und antiquarischen Beziehungen* u. s. w. Berlin 1831. 4⁰. S. 20 ff.; — Henle, *Ueber Narcine, eine neue Gattung elektrischer Rochen* u. s. w. Berlin 1834. 4⁰. S. 34). Für Reisende ist dies gut zu wissen, denn Narcine steigt in die Flüsse, daher, wenn sie Puraqués verlangen, es ihnen gehen kann wie Humboldt in Cumaná, dem statt der verlangten Zitteraale (Tembladores) Zitterrochen gebracht wurden. (*Untersuchungen am Zitteraal* u. s. w. S. 76.)

[3] Vergl. *Untersuchungen am Zitteraal* u. s. w. S. 15.

[4] *Ebenda*, S. 9.

[5] *Ebenda*, S. 87.

[6] *Ebenda*, S. 78. 85. 117. 408.

[7] *Reise* u. s. w. S. 972.

Noronha zum Verfasser hat: *Roteiro*[1] *do Viagem da Cidade do Pará até ás ultimas Colonias dos Dominios portuguezes em os Rios Amazonas e Negro.* Unstreitig ist dieses — um das Jahr 1786 verfasste[2] — Werkchen das Gehaltreichste, was in portugiesischer Sprache über die Ethnographie und Geographie dieser Länder geschrieben worden, dem ich manche, im Verlaufe unseres Reiseberichtes gegebene, Nachricht verdanke.“

Spix und Martius erhielten eine Abschrift des Roteiro's erst nach ihrer Amazonasfahrt, bei ihrem zweiten Aufenthalt in Pará von Mitte April bis Mitte Juni 1820, und sie ertheilen seiner Zuverlässigkeit das ehrende Zeugniss, dass er ihnen „während der Reise selbst vom grössten Nutzen gewesen sein würde.[3]

Da das *Jornal de Coimbra* in Berlin nicht zu haben war, wandte ich mich an den Professor der Histologie und allgemeinen Physiologie in der portugiesischen Universität, Hrn. A. A. da Costa Simões, mit der Bitte, mir eine Abschrift der den Gymnotus betreffenden Stellen des Roteiro's zu verschaffen. Unser College entsprach diesem Wunsche mit dankenswerthester Bereitwilligkeit und schickte mir eine diplomatisch treue Abschrift jener Stellen, wie auch der von dem Einsender des Roteiro's, Filippe Alberto Patroni Martins Maciel Parente gezeichneten Einleitung, in welcher dieser erklärt, trotz seinen Bemühungen nicht zu wissen, von wem die Schrift sei.

Hr. da Costa Simões argwöhnt daher, dass Martius' Angabe, der Roteiro sei um 1786 von Monteiro verfasst, nur auf Vermuthung oder auf Verwechselung beruhe. Soweit ich die Dinge übersehe, scheint mir diese Annahme nicht nöthig. Martius wurde sichtlich in Pará mit der Handschrift deren Ursprung mitgetheilt. Der Einsender, obwohl anscheinend in Pará zu Hause, schrieb nicht von dort, da er seine Landsleute auffordert, ihm durch Uebersendung von Nachrichten zur Beschreibung des Grão-Pará behülflich zu sein. Beim damaligen Zustande des Verkehrs konnte er zur Zeit, wo in Pará der Ursprung des Roteiro's schon bekannt war, an seinem Wohnorte noch nichts davon vernommen haben. In einer Anmerkung zum Roteiro weist er darauf hin, dass dieser sich mit Brandão's oben erwähntem Tagebuche vortheilhaft ergänze. Auch der Stand der Kenntniss im Roteiro passt zu der ihm von Martius angewiesenen Entstehungszeit.[4]

---

[1] Roteiro ist so viel wie Anleitung, Leitfaden.

[2] *Reise* u. s. w. S. 965.

[3] *Ebenda.*

[4] Im Begriff das Imprimatur zu ertheilen, höre ich von Hrn. da Costa Simões, dass auf seine Bitte ein gegenwärtig in Coimbra weilender ausgezeichneter Kenner der portugiesischen Bibliographie, Hr. F. A. Rodrigues de Gusmão, Arzt zu Portalegre in Brasilien, Näheres über jenen Einsender ermittelte. Um 1799 zu Belem (Pará) ge-

Wie dem auch sei, Folgendes ist die wörtliche Uebersetzung der auf Gymnotus bezüglichen Paragraphen des Roteiro's:[1]

§. 81.

„Auf die obere Mündung des Matary's[2] folgt in sechs Leguas Entfernung und auf demselben nördlichen Ufer eine Felsspitze, welche Puraque-coára genannt wird, was so viel heisst wie Ort oder Loch der Zitterfische (*Tremélgas*), indem es deren dort viele giebt.

§. 82.

„Hr. Laurenzini, angeführt in Bombes' Wörterbuch, Artikel *Torpille*, sagt, dass die grösseren Zitterfische 18 bis 24 Pfund wiegen, und dass, um die durch sie bewirkte Betäubung zu empfinden, es nöthig ist, sie unmittelbar mit der Hand an den beiden sie umgürtenden Muskeln zu berühren, in denen ihr Gift seinen Sitz hat. Hier zu Lande giebt es Zitterfische von 40 und mehr Pfund Gewicht. Sie sind verschieden von denen der europäischen und afrikanischen Küsten, denn diese haben einige Aehnlichkeit mit Rochen, jene mit Aalen und Schlangen. An welcher Stelle des Körpers man sie mit der Hand oder mit einem Werkzeug aus Holz, Eisen oder Stahl berühre, sie verursachen die erwähnte Betäubung, und stärker, wenn die Berührung mit Eisen oder Stahl geschieht. Die Empfindung, welche man im Arm verspürt, ist leicht schmerzhaft, wie der gelehrte Feijóo versichert. Indess ist die Betäubung in Wahrheit stärker als jener Autor voraussetzt, und genügend um Menschen und Thiere ertrinken zu machen, wenn diese, den Zitterfischen in einem Strom oder See begegnend, so sie streifen, dass sie vor Betäubung nicht schwimmen können. Derselbe Hr. Laurenzini versetzt die Zitterfische unter die lebendiggebärenden Thiere. Sicher ist, dass sie Eier haben ähnlich denen des Fisches Arauná, und dass nachdem die Eier reiften und die Jungen daraus hervorkamen, sie diese in den Kiemen erziehen

---

boren, war F. A. Patroni ... Parente Baccalaureus der Rechte in Coimbra, von wo er 1823 nach Brasilien zurückkehrte. Seine fernere Laufbahn — er starb nach 1851 in Lissabon — kümmert uns nicht. Wie Hr. da Costa Simões bemerkt, bestätigt diese Nachricht meine obige, ihm brieflich mitgetheilte Erklärung des Umstandes, dass der Einsender des Roteiro's nichts über dessen Verfasser wusste, als dieser in Pará schon bekannt geworden war.

[1] *Jornal de Coimbra.* Num. LXXXVII. Parte I. Dedicada a objectos de Scientias Naturaes. (Lisboa: Na Impressão Régia. Anno 1820). p. 110. 111.

[2] Der Matary ist ein kleiner kurz unterhalb des Rio Negro von Norden her in den Amazonas sich ergiessender Fluss.

und beherbergen, wie es die Piraurucú genannten Fische und andere thun.“[1]

§. 83.

„Da an der oben erwähnten Spitze des Zitteraal-Loches eine reissende Strömung herrscht, welche die Fahrt besonders grösserer Fahrzeuge erschwert, und weiterhin sich Felsplatten finden, und auch dort eine starke Strömung: so ist es zweckmässig, dass bevor man das Zitteraal-Loch erreicht, man das südliche Ufer, und dort den d'El Rei genannten See zu gewinnen suche, welcher der Spitze des Zitteraal-Loches gegenüber liegt.“

Man sieht, wie gut Monteiro's Ortsbeschreibung mit der von Spix und Martius stimmt. Dass mit den in §. 82 zuerst erwähnten Tremélgas der Zitterrochen, mit „Mr. Laurenzini“ Lorenzini gemeint sei, ist klar. Die beiden jene Tremélgas umgürtenden Muskeln[2] sind natürlich die elektrischen Organe; der Name *musculi falcati*, den sie bei Lorenzini führen,[3] mag bei fehlender Abbildung das Missverständniss veranlasst haben, als umgürteten die beiden sichelförmigen Muskeln den Fisch. *Piraurucú* ist Sudis gigas Cuv., „andere Knorpelfische“ bei Martius (s. oben S. 77) also wohl ein Versehen. Den systematischen Namen des *Arauaná*'s weiss ich nicht.

Monteiro lässt die Jungen des Zitteraales zuerst aus den Eiern schlüpfen, dann in den Kiemen grossgezogen und beschützt werden. Aber schon im Buch über Gymnotus hob ich hervor, wie wahrscheinlich es sei, dass junge Fische, welche in Maul und Kiemen der Alten Zuflucht suchen, darin ausgebrütet wurden, wie dies beim *Acará* des Amazonas und dem Chromis paterfamilias aus dem See von Tiberias geschieht.[4] Uebrigens dürfte es für diese merkwürdige, vom tropischen Amerika ostwärts bis zu den Sunda-Inseln[5] verbreitete Brutpflege der Fische kaum ein älteres Zeugniss geben, als das Monteiro's.

Der künstlichen Befruchtung am Zitteraale wird hier keine günstige Aussicht eröffnet; den *Tembladorcitos* den Aufenthalt zwischen den korallenartigen Papillen der Alten zu ersetzen, möchte noch schwerer sein, als dem Mias-Säugling das mütterliche Fell.[6]

---

[1] „O certo é, que ellas tem ovos semelhantes aos do peixe Arauná; e depois de vingados os ovos, e sairem d'elles os filhos, é que os crião, e ayazalhão entre as guelras, como fazem os peixes chamados Piraurucús, e outros.“

[2] Dois musculos que as cingem.

[3] Vergl. Boll in *diesem Archiv*, 1874. S. 152.

[4] *Untersuchungen am Zitteraal* u. s. w. S. 124.

[5] *Ebenda*, S. 409.

[6] Alfred R. Wallace, *The Malay Archipelago: the Land of the Orang-Utan etc.* London 1869. vol. I. p. 67. 68.

Zur vergleichenden Ophthalmoskopie.

Von

Prof. Dr. J. Hirschberg
in Berlin.

(Vortrag, gehalten in der Berliner physiologischen Gesellschaft am 10. Februar 1882.)

Eine besondere, mir neuerdings auferlegte Lehrthätigkeit veranlasst mich zur ophthalmoskopischen und überhaupt physikalischen Untersuchung von Thieraugen, — zur Wiederaufnahme einer Studie, die ich im Jahre 1869 begonnen, aber aus äusseren Gründen, namentlich auch aus Mangel an Material, betreffend die grösseren Säugethiere, wieder aufgegeben hatte.

Es ist die Ophthalmoskopie gewissermaassen ein anatomisches Studium lebender Körpertheile ohne Dissection. Hier wie auf verwandten Gebieten der eigentlichen Anatomie fühlt man sich veranlasst, die engen Grenzen des rein Praktischen zu überschreiten und einem höheren Standpunkt, dem der vergleichenden Uebersicht des Wirbelthierreiches, wenigstens zuzustreben.

Ich bemerke, dass über vergleichende Ophthalmoskopie meines Wissens kein Lehrbuch und keine Monographie erschienen ist, sondern nur zerstreute Bemerkungen theils in experimentellen Arbeiten der Ophthalmologen, (Schauenburg, Berlin u. A., auch Cuignet), theils in den sehr wenig zahlreichen Publicationen einzelner Lehrer der Veterinärmedicin (Baeyer u. A.)

Für uns Aerzte hat die vergleichende Ophthalmoskopie ein mehrfaches Interesse. Zunächst ein pädagogisches: der Anfänger wird am Säugethierauge die Handgriffe am bequemsten einüben, ehe er von der Untersuchung der Menschenaugen, namentlich der kranken, Vortheil ziehen kann. Sodann ein heuristisches: als alle Untersucher noch Anfänger in der Ophthalmoskopie waren, im Beginn der fünfziger Jahre, wurden gewisse Bilder im menschlichen Augengrunde falsch gedeutet, Aushöhlung des Sehnerven mit Anschwellung verwechselt, und die richtige Deutung erst

durch die ophthalmoskopische Untersuchung von Thieraugen gewonnen, bei denen die bequeme Möglichkeit der sofortigen Dissection gegeben ist.

Endlich möchte ich gerade in unserer Gesellschaft betonen, dass das Ophthalmoskop einen wichtigen Hebel der rein physiologischen Experimental-Forschung darstellt. Gerade von diesem Standpunkte aus bitte ich die weiteren Bemerkungen zu beurtheilen, die ich mir, da ja Bekanntes vielfach berührt werden musste, überhaupt nicht gestattet haben würde, falls nicht gelegentliche Unterhaltungen mit einzelnen Mitgliedern unserer Gesellschaft mir gezeigt hätten, dass der Gegenstand bisher in der praktischen Physiologie noch nicht diejenige Verwerthung gefunden, deren er vielleicht fähig sein möchte.

Ich beginne mit dem physiologischen Thier *κατ᾽ ἐξοχήν*, dem Frosch. Sofort ergiebt sich die wichtige, allerdings schon lange bekannte Thatsache, dass im Augengrunde des lebenden Frosches die Blutströmung sehr bequem ohne weiteres sichtbar ist und, was besonders hervorgehoben werden soll, ohne alle diejenigen Störungen, die beim Aufspannen der Schwimmhaut, der Lunge, des Mesenteriums nicht zu vermeiden sind. Das Froschauge besitzt eine Nickhaut, welche, wie der Vorhang im altgriechischen Theater, von unten her sich über das Auge emporschiebt. Man kann diese Nickhaut mit einer feinen Schere abschneiden, wenn man durch deren Vorschieben nicht gestört sein will. Die unbedeutende Blutung steht bald. Das Auge bleibt ohne Nickhaut durchsichtig, zum mindesten für eine mehrtägige Beobachtungsdauer. Wer nicht ungeduldig ist, kann übrigens dem Thiere die Nickhaut belassen. Nützlich ist es, einige Tropfen einer einprocentigen Atropinlösung auf das Froschauge zu tupfen: erstlich um die Pupille etwas zu erweitern und die Untersuchung zu erleichtern, die allerdings auch ohne Atropin möglich ist; und zweitens um die Accommodation für die Nähe auszuschliessen, welche wenigstens das aufrechte Netzhautbild für kurze Zeiträume verwischt erscheinen lässt.[1] Man wickelt das atropinisirte Thier wie eine Mumie in ein Tuch; dann kann man es einfach in die linke Hand nehmen und bis zur Höhe des eigenen Auges erheben; in die rechte Hand nimmt man den durchbohrten concaven Reflector, welcher, dem beobachtendem Auge vorgehalten, das Licht einer Lampenflamme in die untersuchte Pupille sendet. Sofort sieht der Beobachter den Augengrund im aufrechten Bilde. Thieraugen sind meistens hypermetropisch, d. h. bei erschlaffter Accommodation, bei flachster Form der Krystalllinse, also namentlich nach Atropineinträufelung, liegt die Mitte der Netzhautschale vor der hinteren Hauptbrennebene des individuellen dioptrischen Systems vom Auge. Dieses System entwirft von der beleuchteten Netzhautstelle ein

---

[1] Nach Angabe der Anatomen hat der Frosch keinen Ciliarmuskel.

aufrechtes Bild — geradeso wie eine Lupe von einem innerhalb ihrer Hauptbrennweite, in der Nähe des Brennpunktes, gelegenen Gegenstand; ein Bild, welches von dem normalsichtigen und ebenso auch von dem mässig kurzsichtigen Auge des Beobachters sehr bequem wahrgenommen wird.

Ich will beiläufig bemerken, dass vom teleologischen Standpunkt aus, beim Gegebensein der positiven Accommodation durch willkürlich angeregte Verdickung der Krystallinse, das axenkurze, also hypermetropische Auge am zweckmässigsten erscheint. Das mathematische Ideal des normalsichtigen emmetropischen Auges erfordert, dass die Netzhautknotenpunktdistanz genau gleich der hinteren Hauptbrennweite des ruhenden dioptrischen Apparats vom Auge sein muss. Lässt man nach den Principien der Wahrscheinlichkeitsrechnung kleine Abweichungen zu nach beiden Richtungen, in Folge des verschiedenen Wachsthums der Augen; so sind Axenverkürzungen zweckmässiger als Axenverlängerungen. Erstere können beim Fernsehen durch eine geringe Anspannung der Accommodation ausgeglichen werden; letztere bedürfen zu ihrer Correction (wenn wir vom Blinzeln absehen) künstlicher Apparate, d. h. der concaven lichtzerstreuenden Glaslinsen.

Bei einigen atropinisirten Fröschen fand ich die Hypermetropie[1] annähernd gleich $^1/_8$ oder $^1/_{10}$ im Zollmaass, d. h. das aufrechte virtuelle Netzhautbild, welches das beleuchtete Froschauge selber liefert, hat seinen scheinbaren Ort 8—10 Zoll hinter dem Auge, und ist somit sehr bequem für uns sichtbar.

[1] Freilich stellt man Blutgefässe der Hyaloïdes oder allenfalls Sehnervenfasern an der Innenfläche der Netzhaut ein, nicht aber die Stäbchenschicht. Eine sehr geringe Verschiebung der lichtauffangenden Fläche nach vorn von der Brennebene bewirkt für das Froschauge schon eine relativ starke Hypermetropie. Das Gesetz der conjugirten Bildpunkte lautet: $\varphi_1 \varphi_2 = F_1 F_2$. F_2 ist für das Froschauge etwa 3 mm; F_1 also $2^1/_4$ mm ($= {}^3/_4 F_2$). Setzen wir $\varphi_1 = -1000$ mm, so wird $\varphi_2 = -0{\cdot}007$ mm. (Beim Menschen wäre für $\varphi_1 = -1000$ mm, d. h. für H 1 D. oder $^1/_{40}''$, $\varphi_2 = \frac{F_1 F_2}{\varphi_1} = \frac{15 \times 20}{-1000} = -0{\cdot}3$ mm.) Einer Hypermetropie des Froschauges von $^1/_8''$ oder 5 D entpräche ein Vorrücken der Netzhaut um nur 0·03 mm. In der äussersten Peripherie ist H und physiologischer Astigmatismus stärker — gerade so wie im Menschenauge. Das Auge der weissen Ratte ist nicht wesentlich grösser als das des Frosches: auf dem schneeweissen Augengrunde sieht man die Aderhautgefässe und davor die radiär angeordneten Netzhautgefässe (Arterien und Venen mit Reflexstreifen), die in der grauen rundlichen Papille confluiren: trotz des geringen Tiefenabstandes zwischen beiden Gefässschichten ist die parallaktische Verschiebung im umgekehrten Bilde (mit + 2″) so bedeutend, dass sie als Paradigma dienen kann; und im aufrechten Bilde beträgt die optische Differenz der Gläsercorrection etwa $^1/_8''$ oder 5 D, indem die Netzhautgefässschicht einer H von $^1/_4$ oder 10 D, die Aderhautschicht einer H von $^1/_8$ oder 5 D entspricht. Das atropinisirte Rattenauge ist h (mehr als $^1/_8$ und weniger als $^1/_4$ im Zollmaasse). Dabei astigmatisch. Die Iris giebt dem Atropin vollkommen nach.

Der Augengrund des Frosches erscheint im Ganzen graugrünlich oder bläulich. Diese Farbe muss wesentlich von der Netzhaut selber abhängen, da die hinter der letzteren belegene Pigmentlage so dunkel sammtschwarz aussieht, dass nur durch die kleinen Lücken des Pigments Licht bis zur Ader- und Lederhaut vordringen und zurückkehren kann. Dem entsprechend sieht man den Grund allenthalben, besonders aber in der Peripherie, durchsetzt von zahlreichen rosafarbenen, z. Th. irisirenden Flecken und ferner von feinen weissen Pünktchen, an deren Strahlen man den Astigmatismus des Froschauges sofort zu erkennen vermag. In der äussersten Peripherie nimmt der Augengrund einen röthlichen Farbenton an. Der Sehnerv ist rasch zu finden, wenn man etwas schläfenwärts in das untersuchte Auge hineinblickt. Er stellt eine helle längsovale[1] Scheibe dar, von der die platten, durch kleine Zwischenräume von einander getrennten Sehnervenfaserbündel radienförmig sehr weit in die Netzhaut hineinstrahlen. Am unteren Rande der Papille nimmt die Sehnervenfaserausstrahlung einen weissen Farbenton an. Der ganze Augengrund ist von einem feinen Capillarnetz überzogen, dessen Maschen eckig oder mehr länglich erscheinen, und das in Venen übergeht, deren Hauptstamm, die Vena hyaloïdes, unter Aufnahme beträchtlicher Zweige,[2] über den Sehnerveneintritt von oben nach unten zieht.

Die zu den Venen und Capillaren gehörige Arteria hyaloïdes aufzufinden ist etwas schwierig und anfangs den Beobachtern überhaupt nicht gelungen. Ich finde sie immer, wenn ich den Frosch mit dem Maul nach oben halte und von unten her in die äusserste Peripherie des Augengrundes hineinblicke: dort verläuft der schmale Arterienast annähernd von oben nach unten. (Die Arteria hyaloïdes ist ein Ast der ophth., welcher die Sklerotica beim Muscul. rect. superior durchbohrt.)[3] Man unterscheidet arterielle Gefässe von venösen nicht so wie beim Menschen an der Farbe des Blutes oder dem Aussehen des sogenannten Reflexstreifens der Wandung; sondern viel unmittelbarer an der Richtung des strömenden Blutes. In der Arterie strömt das Blut vom dickeren Ende zum dünneren, in der Vene vom dünneren zum dickeren. Jedes Haargefäss ist als feines schmales farbloses Band erkennbar; seine Breite wird fast ganz ausgefüllt von der eines einzelnen Blutkörperchens, das als kleine silberglänzende, fast punktförmige Fläche[4] erscheint. Wie im Gänsemarsch schlüpfen die Blutkörper-

---

[1] Etwas schräg von aussen oben nach innen unten gerichtet.

[2] Ein Zweig kommt von oben, einer von den Schläfen-, einer von der Nasenseite.

[3] Ich sah auch bei einem Frosche den arteriellen Ast von unten nach oben gehen.

[4] Die scheinbare Grösse der rothen Froschblutkörperchen dürfte beim Ophthalmoskopiren etwas kleiner sein als beim Mikroskopiren unter der nämlichen Vergrösse-

chen einzeln, durch kleine Zwischenräume von einander getrennt, behende durch das Capillargefäss. Oefters habe ich $^1/_4$ Stunde und länger dasselbe Capillargefäss, das einen Theil des so zusammengesetzten Maschenwerkes ausmacht, fixirt und keine Umkehr der Stromesrichtung beobachten können; auch nicht, wenn ich mehrmals an demselben Tage zur Betrachtung des nämlichen Capillargefässstückchens zurückkehrte. Nur wenn fast zwei parallele Capillaren durch ein kurzes fast rechtwinklig eingepflanztes Verbindungsstück communiciren, sieht man in letzterem gelegentlich Umkehr des Blutstroms, zeitweise auch Ausschaltung desselben, soweit es sich um rothe Blutkörperchen handelt. Ferner aber sieht man öfters an dem Knotenpunkt zweier Capillargefässe momentweise Stauung und wohl auch überhaupt einen geringen Wechsel der Strömungsgeschwindigkeit in einem Capillargefässrohr.[1]

Eine sehr interessante, obwohl einleuchtende Beobachtung ist die, dass der Strom in den Capillaren sichtlich langsamer geht, als in den breiteren Gefässen, die unmittelbar daneben liegen; besonders kann man Venen bequem mit Capillaren vergleichen und sehen, dass in allen breiteren Venen die Blutkörperchen so rasch an unserem Blick vorübergleiten, dass wir nur noch den Eindruck des Strömens gewinnen, aber nicht mehr Zwischenräume zwischen einzelnen Blutkörperchen wahrnehmen. Die Venen wie die Arterie erscheinen als rothe Bänder durch ihre Blutfüllung; die Axe des Bandes aber silberglänzend durch den Axenstrom, der verglichen mit der Breite des Gefässes in den Venen nur schmal, in den Arterien breiter erscheint. Man hat eine relativ mächtige ruhende, oder doch weniger bewegte Randschicht in den Venen anzunehmen, die in den Capillaren ganz fehlt. Daher offenbar die Bedeutung der letzteren für Athmung und Ernährung der Gewebe. Schliesslich ist noch ein sehr hübsches Phänomen zu erwähnen, das ich mit grosser Deutlichkeit unterhalb der Papilla optica in den Hauptvenenstämmen beobachtete: wenn zwei Venenstämmchen sich vereinigt haben,

---

rung, da man bei der erstgenannten Methode das Blutkörperchen wesentlich nur durch den Reflex von der gewölbten Seitenfläche wahrnimmt.

[1] Die Messung der absoluten Stromgeschwindigkeit in den Froschcapillaren ist mit Hülfe des Augenspiegelbildes nicht bequem anzustellen.

(Die mit dem Mikroskop angestellten Bestimmungen der Stromgeschwindigkeit in den Blutgefässen haben ergeben:

In den Capillaren der Froschschwimmhaut (nach E. H. Weber) 0·5 mm in der Secunde.

In den Capillaren des Warmblüters (Flughaut der Fledermaus, Mesenterium junger Kätzchen) = 0·8 mm.

Die Geschwindigkeit in der V. jugularis des Pferdes beträgt (nach A. W. Volkmann) 225 mm, in der

Carotis des Pferdes (nach demselben) 300 mm.

In der Aorta des Pferdes ist sie auf 400 mm berechnet.)

verlaufen die beiden glitzernden Axenströme noch eine merkliche Strecke ungemischt nebeneinander, wie man es auch mitunter bei der Vereinigung zweier Flüsse wahrnimmt; ja, wenn ein dritter Ast bald dazu kommt, kann man drei Axenströme innerhalb der rothen Blutsäule derselben Vene erkennen. Der glitzernde Axenstreifen der rothen Blutgefässe des Froschaugengrundes ist sehr ähnlich dem centralen sogenannten Reflexstreifen der menschlichen Netzhautgefässe; doch ist in den letzteren ein Strömen nicht zu beobachten.

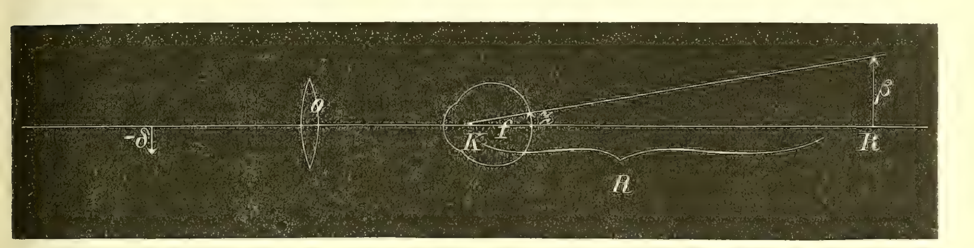
Einen Arterien- oder Venenpuls habe ich im Froschauge nicht wahrgenommen. Bekanntermaassen ist der normale Arterienpuls in der menschlichen Netzhaut nicht wahrnehmbar; ein Venenpuls aber, der vom Arterienpuls herrührt, am Austrittspunkt (d. h. inmitten der Sehnervenscheibe) bequem sichtbar. Den Austritt der Vena hyaloïdes des Frosches kann man im Augenspiegelbild nicht sehen.

Unser Interesse wird also wesentlich gefesselt durch die Wahrnehmbarkeit der einzelnen Blutkörperchen und ihrer strömenden Bewegung im Froschauge. Worauf beruht diese Wahrnehmbarkeit? Sicherlich sind hierbei mehrere Factoren im Spiel. Zunächst die absolute Grösse der rothen Blutkörperchen, die beim Menschen etwa 0·003‴ oder 7 Mikromillimeter messen, beim Frosch hingegen, in ihrem längsten Durchmesser, 0·01‴ oder 22 Mikromillimeter. Gewiss ist die Grösse der Froschblutkörperchen von Bedeutung.

Bei einer 30fachen Linearvergrösserung erscheinen sie unter dem Mikroskope schon als kleine gelbe Scheiben, während die des Menschen unter diesen günstigsten Beleuchtungsverhältnissen soeben als feinste staubförmige Pünktchen unterschieden werden können. Ueber eine 20—30fache Linearvergrösserung kommen wir bei der Ophthalmoskopie des Menschenauges nicht hinaus; ja wir bleiben meistens hinter dieser Zahl zurück.

Beim Frosche aber erhalten wir im aufrechten Bilde weit grössere Zahlen. Denken wir uns den dioptrischen Apparat des atropinisirten Froschauges als Lupe, die beleuchtete Netzhaut als Object, das innerhalb der Hauptbrennweite f der Lupe und zwar sehr nahe dem Hauptbrennpunkte steht: so können wir in Uebereinstimmung mit den Schulbüchern der Physik die Vergrösserungszahl v dieser Lupe, d. h. die des aufrechten Netzhautbildes, ausdrücken durch die Gleichung $v = \frac{s}{f}$, wo s die sogenannte deutliche Sehweite oder Projectionsweite, etwa 8 Zoll oder 216^{mm} bedeutet. Wie gross ist nun f, die Netzhautknotenpunktdistanz des Froschauges? Kühne hat scharfe Optogramme hergestellt auf der Netzhaut von Kaninchen und Fröschen. Ein Objectstreifen von 50^{mm} Breite auf 250^{mm} Entfernung liefert in der Kaninchennetzhaut einen Bildstreifen von 1·5^{mm}

Breite und in der Froschnetzhaut von 0·6 mm Breite. Daraus berechne ich die Netzhautknotenpunktdistanz des Kaninchens auf etwa 7·5 mm, des Frosches auf etwa 3 mm.[1] Hiermit stimmt meine anatomische Messung der Sehaxe des Froschauges, die ich gleich 6 mm gefunden, — allerdings bei grossen Fröschen, auf welche sich alles bezieht, was ich bisher gesagt. Setzen wir ein $f = 3$ mm, so wird $v = \frac{216}{3}$ d. h. 70. Die Vergrösserungszahl des aufrechten Bildes der Froschretina ist etwa 70, während sie beim Menschen bekanntlich im Mittel etwa 14 beträgt, da hier $f = 15$ mm; $v = \frac{216}{15} = 14$. Um dieses theoretische Resultat mit der directen Beobachtung zu vergleichen, projicirte ich das aufrechte Bild der Froschpapille, welche ich mit meinem rechten Auge sah, auf eine Millimetertheilung, die 9 Zoll vor meinem linken Auge stand und von diesem bequem gesehen werden konnte: ich fand nach dieser einfachen Methode das Bild der Froschpapille gleich 45 mm im verticalen Durchmesser; ihre objective Grösse beträgt etwa $^1/_2$ mm: folglich ist die Vergrösserungszahl hierbei 90 und wenn



man sie auf das übliche Maass der Sehweite von 8″ reducirt, d. h. die Zahl 90 mit $\frac{8}{9}$ multiplicirt, so ergiebt sich das beobachtete $v = 80$, was mit dem berechneten (70) genügend übereinstimmt. Allerdings muss die objective Grösse der Froschpapille noch genauer an mikroskopischen Schnitten gemessen werden, was demnächst geschehen soll. Jedenfalls trägt die starke Vergrösserung des aufrechten Bildes der Froschretina viel zur Wahrnehmbarkeit der geschilderten Phänomene bei. Aber es soll nicht vergessen werden, dass die Capillaren auf der Froschnetzhaut, und die einzelnen strömenden Blutkörperchen in denselben auch bei der schwächeren Vergrösserung des umgekehrten Bildes wahrzunehmen sind.

Hält man dem Froschauge eine Convexlinse von 2″ = 54 mm Brennweite vor, dergestalt, dass deren Brennpunkt mit dem Knotenpunkt des Auges zusammenfällt, so ist die Vergrösserung des umgekehrten Netzhaut-

---

[1] $\frac{50}{250} = \frac{0·6}{x}$ für den Frosch; $x = \frac{0·6 \times 250}{50} = 3.$

bildes $v' = \frac{F}{f}$, wo F die Brennweite der verwendeten Convexlinse bedeutet. Denn wenn z die beleuchtete Netzhautstelle, β ihr von dem Auge selber entworfenes aufrechtes Bild, $KR = R$ der Abstand zwischen Knotenpunkt des Auges und Netzhautbild, so ist:

$$1)\ \frac{z}{\beta} = \frac{f}{R};$$

und wenn $-\delta$ das Bild darstellt, welches die Convexlinse von dem Object β entwirft, so ist:

$$2)\ \frac{\beta}{-\delta} = \frac{R}{F}$$

$$3)\ \frac{z}{-\delta} = \frac{f}{F} \text{ oder } -\frac{\delta}{z} = v' = \frac{F}{f}, \text{ w. z. b. w.}$$

v' wird nach unserer Voraussetzung gleich $\frac{54}{3} = 18$. Die Beobachtung *à double vue* ergab mir fast dieselbe Zahl: Die Froschpapille erschien im umgekehrten Bilde auf 9 Zoll Projectionsweite 10^{mm} gross; also war die Linearvergrösserung gleich 20, und reducirt von 9 auf 8 Zoll, gleich 18.[1]

Ich bemerke noch schliesslich, dass bei unserem gewöhnlichen Frosch das Bild im Grossen und Ganzen dem geschilderten ähnlich, aber der Blutstrom — jedenfalls jetzt im Januar — etwas langsamer erscheint; so dass man auch in breiteren Gefässen noch die einzelnen Blutkörperchen eher getrennt von einander wahrnimmt. Wie wichtig der Augenspiegel für den Physiologen sein muss, der Veränderungen der Blutcirculation am Frosch studiren will, dürfte aus dem Gesagten ohne weitere Erörterung sich von selber ergeben.

Ganz kurz will ich noch von einigen anderen niederen Wirbelthieren[2] reden und vorweg hervorheben, dass man keineswegs etwa beim Emporsteigen in der Wirbelthierreihe eine regelmässige Annäherung des Augengrundbildes an das des Menschen zu constatiren in der Lage ist.

So findet man z. B. bei Fischen einen Augengrund, der dem menschlichen viel ähnlicher sieht als der des Frosches oder der Taube. Von

[1] Beim Ochsenfrosch (Rana mugiens), dessen Auge beträchtlich grösser (v also kleiner), kann man nur im aufrechten, nicht im umgekehrten Bild die Circulation bequem wahrnehmen. — Der Augengrund ist mehr röthlich, der Sehnerv scharf begrenzt und biscuitförmig.

[2] Sehr schwierig ist die Ophthalmoskopie bei Salamandra maculata und Python.

Bei einem kleinen Alligator (Chamsa) fand ich die Pupille ähnlich der der Katze; den grösseren oberen Theil des Augengrundes rein roth, den kleineren unteren dunkelgrauschwarz, die Grenzlinie zwischen beiden fast horizontal. In dem unteren Theil des Augengrundes hart an der Grenze liegt der rundliche, kohlschwarze, von einem weisslichen Saum umgebene Sehnerveneintritt.

Bei einer Schildkröte (Amboina) war der Augengrund dunkel, der Sehnerv weisslich, von einem braunen Ring umgeben, mit zarter Sehnervenfaserausstrahlung.

Fischen untersuchte ich einen kleinen Plötz und fand den von zahlreichen radiären Blutgefässen bedeckten Sehnerven weisslich, mit dunkelgraurothem Centrum, woselbst die Blutgefässe confluiren. Von dem Rande des weissen Sehnerven strahlen radiäre Sehnervenfaserbündel in die umgebende Netzhaut hinein, die dadurch graugrünlich erscheint, während mehr peripher der Augengrund röthlich ist und gleichfalls von Netzhautgefässen überzogen bleibt. Die Blutgefässe, die aus dem Centrum der Papille entspringen, sind radiär angeordnet, zahlreich, deutlich roth, von mittlerer Stärke, wie es scheint, Venen und Arterien von etwas verschiedener Farbe, und erstrecken sich ziemlich weit hinein in die Peripherie. Das Bild war stark astigmatisch, die flache Hornhaut beiderseits im Centrum unregelmässig (durch Verletzung?), die Refraction des atropinisirten Auges nicht zu ermitteln, nur das umgekehrte Bild (mittels einer Convexlinse von 2 Zoll Brennweite) bequem zu gewinnen.

Bei einem grösseren Plötz mit klarer Hornhaut war das Netzhautbild ähnlich wie bei dem kleineren, Papille nicht sehr scharf begrenzt, das rothe Centrum derselben von einem sehr stark in den Glaskörperraum prominirenden Gefässknäuel gebildet, Arterien von Venen leicht zu unterscheiden durch Caliber und Farbe, und auf beiden ein centraler heller Streifen deutlich sichtbar, genau so wie bei den Gefässen der menschlichen Retina. Ausserdem war durch den Reflexversuch leicht zu constatiren, dass die Cornea im präpupillaren Theil beinahe so flach wie die menschliche, also im Vergleich zu der Kleinheit des Auges sehr wenig gekrümmt erscheint; in der Peripherie ist die Hornhaut noch flacher und stark astigmatisch. Das von dem beleuchteten Auge selber formirte Bild der Netzhaut ist ein umgekehrtes und liegt unmittelbar vor dem Auge. Das Fischauge ist in Luft hochgradig myopisch oder relativ zu stark brechend: und dies ist nothwendig, wenn es im Wasser nahezu emmetropisch sein soll. In Wasser ist gewissermaassen die Hornhautbrechung ausgeschaltet, es wirkt nur der zweite brechende Factor, die Krystalllinse. Ist das Fischauge in Wasser nahezu emmetropisch, so muss es in Luft für einen etwa 30 mm oder 1 Zoll vor der Hornhaut gelegenen Punkt eingestellt sein, wenn wir der Fischcornea dieselbe Krümmung geben wollten wie der menschlichen.[1]

---

[1] Beim Hecht ist der Augengrund gefässlos, der Sehnerveneintritt ein schräger, schmaler, theilweise pigmentirter, weisser Streifen, von dem die Nervenfasern ausstrahlen.

Mit zwei Worten möchte ich hier das Sehen unter Wasser berühren. Taucht ein emmetropischer Mensch unter Wasser, so wird sein Auge stark übersichtig oder zu schwach brechend, mit einem Fernpunktsabstand von etwa — 1 Zoll, da ihm jetzt die Hornhautbrechung fehlt. Ein parallel einfallendes Strahlenbündel wird 60 mm hinter der Linse oder etwa 47 mm hinter der Netzhaut vereinigt. Um wieder emmetropisch zu werden,

Bei den Vögeln fällt die interessante Thatsache auf, dass der dioptrische Apparat so ausserordentlich viel besser gebaut zu sein scheint, als der von Amphibien, Fischen und den meisten Säugethieren ausschliesslich des Menschen. Allerdings ist es schwer, bei Tauben, die ich untersuchte, durch die enge, mittelst Atropineinträufelung nicht zu erweiternde[1] Pupille das aufrechte Bild des Augengrundes zu gewinnen. Auch die Hypermetropie des Taubenauges scheint sehr gering zu sein. Ich möchte bei dieser Gelegenheit darauf aufmerksam machen, dass die anatomische Dissection eines Auges weder über seine optische Einstellung noch über die optische Werthigkeit seiner Netzhautbilder Aufschluss giebt. Dies kann man nur durch die Untersuchung des aufrechten bez. directen Netzhautbildes der lebenden Augen beurtheilen.

Bei der heller gefärbten Taube sieht man den in der Peripherie graugrünlichen, sonst schwach röthlichen Augengrund durchzogen von Blutgefässen choroïdalen Charakters, die länglichen Netze bilden, die Hauptaxe parallel zum Sehnerveneintritt, d. h. schräg von aussen oben nach innen gerichtet; der untere Theil des Augengrundes ist verdeckt von dem schwarzen, gefalteten, stark in's Augeninnere vorspringenden Pecten. Hinter der Insertion des letzteren etwas nach unten und lateralwärts von der Netzhautmitte, sieht man halbverdeckt eine ganz weisse, fast völlig gefässlose Scheibe, oder vielmehr den Anfang eines von aussen oben nach innen unten ziehenden Streifens, welcher nach den Indicationen der Anatomie und nach einer Andeutung vom Choroïdalring den Sehnerveneintritt darstellen muss. Ich fand in der Netzhaut der Taube zwei dunkelgrau pigmentirte Stellen, wahrscheinlich geometrische Oerter schärfsten Sehens oder Foveae, die eine in der Mitte, die andere hoch oben. Die erstere liegt aber nicht wie beim Menschen schläfen-, sondern nasenwärts von der Papilla. Der Sehnerv inserirt sich bei Vögeln ja temporalwärts vom Centrum der Retina. Man

muss er die Cornea ersetzen, bez. seiner Hornhaut eine Sammellinse vorhalten, der im Wasser eine Brennweite von nahezu $1\frac{1}{2}$ Zoll zukommt. Eine Glaslinse, der in Luft eine Brennweite von $\frac{1}{2}$ Zoll zukommt, hat in Wasser eine solche von etwa $1\frac{1}{2}''$. Sowie man mit dieser bewaffnet emportaucht, ist die Fernsicht unmöglich, das Auge an eine Fernpunktsdistanz von $\frac{1}{2}$ Zoll gebannt, — wie das Fischauge in Luft. Eine gute Taucherlinse, welche die Umsicht nicht stört, wenn man zum Luftschöpfen emportaucht, verfertigt man am besten aus jenen alterthümlichen stark gebogenen Uhrgläsern, die einer Hohlkugel von 2 Zoll Durchmesser entnommen und durch eine passende Fassung zu einer biconcaven mit Luft gefüllten Linse vereinigt werden. Dieser kommt in Luft eine neutrale Wirkung, in Wasser eine positive Brennweite von $1\frac{1}{2}$ Zoll zu.

[1] Kieser (Ophthalmologische Bibliothek von Himly und Schmidt, 1804) fand Atropin (Belladonna) unwirksam an der Iris der Vögel, Gysi (*Inaugural-Dissertation.* Bern 1879) fand (unter Luchsinger's Leitung) dasselbe für die Iris der Schildkröte. Die Musculatur des Sphincter iridis ist bei Vögeln und Reptilien quergestreift.

findet diese mittlere Fovea, indem man am oberen Papillenscheitel eine Tangente zieht und diese nasenwärts etwa um vier Papillenbreiten verlängert. Die obere Fovea liegt schläfenwärts von der Papilla.

Bei dunkleren Tauben ist mehr als der nasale innere Quadrant des Grundes dunkelgrau pigmentirt, darin liegt der Sehnerv, darum eine röthliche Zone, die Peripherie ist graugrünlich, Fovea nicht bequem zu erkennen.

Bei Betrachtung der Säugethierreihe kommen wir zunächst zu dem zweiten physiologischen Thier, dem Kaninchen. Sein Augengrund ist genügend bekannt, ja gewiss den meisten Medizinern aus ihrer Studienzeit ganz geläufig.

Um den Sehnerven des Kaninchens, der sich ziemlich hoch an den Augapfel inserirt, bequem zu sehen, setzt man einen gewöhnlichen Stuhl auf einen Tisch, darauf das Thier (allenfalls mit atropinisirter Pupille), vor den Tisch einen zweiten Stuhl, auf dem der Beobachter Platz nimmt. Hält er in der üblichen Entfernung die Convexlinse von 2 Zoll Brennweite vor, so sieht er die querovale, zartröthliche, zum grossen Theil excavirte Sehnervenscheibe, von der nach rechts und links je ein kreideweisser, flügelförmiger Fortsatz ausgeht oder ausstrahlt, die für eine Strecke wieder mit Markscheidenumhüllung versehenen Sehnervenfasern. Auch nach oben (im umgekehrten Bilde, weniger nach unten) sind vereinzelte kürzere weisse Strahlen sichtbar. Die Blutgefässe der Netzhaut sind sparsam, ohne Reflexstreif, und ziehen nur nach rechts und nach links eine Strecke weit in die Nezhaut hinein. Der Augengrund des schwarzen Kaninchens ist ziemlich dunkel, so dass die Sehnervenstrahlungen sehr kräftig sich abheben.

Beim albinotischen Kaninchen ist Sehnerv, Markscheidensubstanz, Netzhautvascularisation genau ebenso; nur ist der Grund hell gelbweiss, was bezüglich der Frage der ophthalmoskopischen Nichtsichtbarkeit des Sehroths zu beachten ist, und fast die gesammte Aderhautvascularisation bis gegen den Anfang der Capillaren hin bequem sichtbar. Besonders zierlich ist am unteren Rande der Sehnervenscheibe das von den feinen weissen Nervenfasern bedeckte Netz der Aderhautgefässe.

Das weisse partiell pigmentirte Kaninchen hat, bei dunklen Pupillen, eine rothe Färbung des Augengrundes, die der beim Menschen ziemlich ähnlich ist.

Natürlich kann man auch das aufrechte Bild benutzen. Die Aderhautgefässe sieht jeder sofort, und, wenn er seine Sehaxe hebt, auch den Sehnerven. An dem letzteren kann man die physiologische Grubenbildung und die entsprechende Gläsercorrection für das aufrechte Bild studiren. Man erkennt auch mit Hülfe des letzteren, dass die Kaninchen nicht bloss (wie die meisten Thiere) übersichtig, sondern auch nicht selten stark astigmatisch sind. Man versteht, dass die optischen Bilder der Kaninchen-

(Pferde-, Hunde-) Augen an Schärfe mit denen der Menschen nicht rivalisiren können, und dass diese Thiere wohl entschieden schlechter sehen als wir selber.

In physiologischer Hinsicht ist augenfällig, dass Kaninchen sich besonders zu Studien über partielle und totale Sehnervenatrophie eignen: ein atrophisches Sehnervenfaserbündel verliert die so deutliche Markscheidenumhüllung in der Netzhaut.

Der Augengrund des Meerschweinchens ist ganz verschieden von dem des so nahe verwandten Kaninchens. In dem röthlichen Grunde sind die breiteren Aderhautgefässe als rothe Bänder deutlich sichtbar. Zwischen denselben bleiben grauschwarze Intervascularräume. Im Centrum des Augengrundes sind (wie beim Menschen) die Netze der Aderhautgefässe mehr polyedrisch und eng, nach der Peripherie zu mehr in die Länge gezogen und weit. Die verhältnissmässig kleine Sehnervenscheibe liegt nahezu in der Mitte des Augengrundes, zeigt eine fast rundliche Begrenzung, eine ziemlich helle Farbe und ist fast gefässlos. Nur zwei ganz feine linienförmige Blutgefässe ziehen von dem weisslichen Centrum des Sehnerven nasenwärts, lassen sich aber nicht weiter in die Netzhaut hinein verfolgen. Der Astigmatismus des atropinisirten Auges ist sehr beträchtlich, so dass es kaum gelingt, eine objective Refractionsmessung anzustellen. Doch möchte ich das Meerschweinchen eher für kurzsichtig halten.

Der Sehnerv des Hundes ist dem des Menschen ähnlich, Arterien und Venen der Netzhaut durch dieselben Kriterien wie beim Menschen zu unterscheiden. Interessant ist ein grosser Venenbogen auf der Hundepapille, von dem zahlreiche Aeste entspringen, und an welchem seltene arythmische Venenpulsationen zu beobachten sind. Das rothe Band des Venenbogens verschmälert sich zu einer feinen Linie, um nach kurzer Frist wieder die normale Breite und Farbe zu gewinnen.

Diese Contraction, die ich in den Versuchen über Blutentziehung am Hunde, welche mein Freund Litten vor Jahren in Gemeinschaft mit mir anstellte, wiederholentlich beobachtete, hat nichts zu thun mit der Herzthätigkeit, nichts mit der Inspiration; endlich auch nichts mit der Accommodation für die Nähe, wie wohl behauptet worden. Lässt man einem Hunde, welcher mit der seiner Race eigenthümlichen Fressgier begabt ist, eine Lieblingsnahrung 5—6 Zoll vor die Augen halten und ophthalmoskopirt die Papille, so wird der Venenbogen nicht verengt.

Der mehr oder minder rundliche Sehnerv liegt in rothem Augengrund, sein oberer Rand wird umfasst von dem goldgrünschimmernden Tapetum, das den grösseren Theil des Augengrundes nach oben einnimmt, und unterhalb dessen unterer Grenze noch einzelne glitzernde Punkte in dem rothen Augengrunde zerstreut vorkommen. Sowie die Blutgefässe von der Papille

auf das Tapetum übertreten, werden sie dunkel, fast violett, offenbar durch ein optisches Contrastphänomen, und verlieren den centralen Reflexstreifen. Ihr Bild ist daselbst auch wie astigmatisch verzerrt. Ich möchte die Ansicht nicht theilen, dass das Tapetum zum Verbessern der Distinction dient.

Jedenfalls wird derjenige, welcher den Augengrund des Hundeauges im aufrechten Bilde öfters untersucht hat, sehr wohl begreifen, dass ein Hund mit dem Auge allein seinen Herrn in grösserer Entfernung nicht so leicht auffinden kann. Der Astigmatismus ist nicht bloss am Sehnerven, sondern an dem ganzen Gefässbaum der Retina zu erkennen.

Bei einem schönen Racehunde fand ich fast vollständiges Fehlen des Tapetums; nur ein schmaler weisser Streifen war oberhalb des Sehnerven sichtbar.

Wohl mit das schönste Bild des Augengrundes liefert die Katze.

Das atropinisirte Auge einer getigerten Katze fand ich wenig hypermetropisch. Der Sehnerv ist rundlich, von gleichförmigem, zartem Grauroth, mit kleiner centraler Vertiefung. Venen und Arterien der Netzhaut sind deutlich von einander zu unterscheiden: die letzteren heller roth und zwar enger, aber (im Gegensatz zum Menschen) mehr geschlängelt, als die ersteren. Drei Hauptvenen, welche von entsprechenden Arterien begleitet werden, sind zu unterscheiden. Die eine zieht ziemlich gerade nach oben, die zweite nach unten (oder ein wenig nach unten aussen), die dritte nach der Nasenseite. Erst in beträchtlicher Entfernung vom Sehnerveneintritt beginnt die Vene (bez. Arterie) in zwei Aeste zu zerfallen. Zwischen den drei Hauptvenen ziehen noch Paare feinerer Gefässe radiär von dem Sehnerven in die Netzhaut hinein; ein mittelstarkes Paar genau schläfenwärts. Die Confluenzstellen der Retinalgefässe sind nicht sichtbar.

Der Sehnerv wird umzogen von einem intensiv blauen und dieser von einem spectralgrünen Streifen. Beide sind nur schmal und ihrerseits von dem Tapetum umgeben, welches in der Gegend des Sehnerveneintritts grünlicher erscheint, als sonst in dem grösseren Theil seiner Ausdehnung.

Das Tapetum liegt in der oberen Hälfte des Augengrundes und stellt ein ziemlich grosses Dreieck dar; der obere Winkel des letzteren ist abgerundet, von den beiden basalen der nasale spitzig, der temporale fast rechtwinklig. Der Sehnerv liegt ganz innerhalb des Tapetums, in geringer Entfernung von der Mitte der Basallinie; (während er beim Hunde soeben die untere Grenze des Tapetums berührt und beim Pferde noch tiefer in dem nicht tapetirten Augengrunde liegt.)

Im Ganzen ist das Tapetum der Katze ziemlich hell (im umgekehrten, lichtstarken Bilde fast weisslich) und zusammengesetzt aus einer Verflechtung von zwei Systemen geschlängelter und verästelter Streifen oder Bänder, nämlich weisser und grüner: dergestalt dass hauptsächlich grüne Fleckchen

oder Inseln zwischen den weissen Bändern hervortreten. Dazu ist das ganze Tapetum fein punktirt, wie das des Pferdes. Diese Punkte, welche Durchtrittsstellen von zarten Aderhautgefässen entsprechen, liegen mehr in den weissen Streifen oder doch nahe dem Rande derselben.

Gegen die untere Grenze des Tapetums tritt der grüne Farbenton deutlicher hervor. Die grünen Inseln sind gesättigter; die weissen Bänder werden schmäler und verschwinden schliesslich ganz, während blaue oder violette dafür eintreten und immer reichlicher werden. Somit wird die unterste Zone des Tapetums zunächst intensiv grün, endlich aber am Rande violett-blau.

Jenseits der Grenze des eigentlichen Tapetums sind noch über den nicht tapetirten Theil des Augengrundes (welcher roth erscheint und auf dem die Reflexstreifen der retinalen Blutgefässe deutlich hervortreten) kleine gelbgrüne glänzende Punkte eine Strecke weit zerstreut. An diesen Punkten erkennt man leicht den Astigmatismus des atropinisirten Katzenauges.

Bei Tageslicht, das man ohne jede besondere Vorrichtung mittelst des concaven Reflectors in das vom Fenster abgewendete Auge hineinwirft, sehen die weissen Bänder des Tapetums mehr gelblich, der Sehnerv zart weissröthlich aus; die übrigen Farben sind wie bei Lampenlicht, nur stärker glänzend.

Von allen Thieren habe ich am meisten den Augengrund des Pferdes studirt, aus rein praktischen Gründen der Lehrthätigkeit. Ich untersuchte einzelne Pferde der Thierarzneischule, dann Racepferde des Renz'schen Circus und endlich zahlreiche gesunde wie kranke Pferde unseres Gardecorps.

Das Pferdeauge hat einen tief und zwar nahezu unter dem hinteren Augapfelpol gelegenen querovalen, stark gerötheten, mit weissem Scheidenring umgebenen und im Centrum vertieften Sehnerveneintritt, von dem kurze feine rothe Linien (Blutgefässe) radienförmig (etwa auf Papillenbreite) in die Netzhaut ausstrahlen, und den man am Einfachsten zur Anschauung bringt, wenn man neben dem Pferde auf einer gewöhnlichen Fussbank steht, dergestalt dass die von dem Maul gefällte Lothebene etwa in die Medianebene des Körpers vom Beobachter hineinfällt. Der unterhalb der Papille gelegene Augengrund ist bei braunen Pferden braunroth und ziemlich gleichförmig; bei schwarzen ganz dunkel; bei erbsfarbigen heller, mit Andeutungen von Aderhautgefässen; bei weissen, namentlich bei völlig pigmentlosen Pferden aber hell gelbweiss mit deutlicher Aderhautvascularisation. Nicht weit oberhalb der Papille beginnt mit nahezu horizontaler Grenzlinie das grünschillernde Tapetum, das eine feine, regelmässige, aber lockere Punktirung enthält, bedingt durch die das gefässlose Tapetum in senkrechter Richtung nach vorn durchdringenden Blutgefässstämmchen, und

hinter dem öfters breite Blutgefässe der Aderhaut hie und da auftauchen, nicht bloss bei pigmentarmen, sondern auch bei stark pigmentirten Thieren.

Schläfenwärts ist das Tapetum so breit, dass man seine obere Grenze beim Ophthalmoskopiren nicht zu erreichen vermag; nasenwärs gelingt es, nach oben noch eine Zone des gewöhnlich gefärbten Augengrundes in Sicht zu bekommen.

Bei pigmentlosen Pferden, deren Pupille aber keineswegs so roth leuchtet, wie die der albinotischen Kaninchen und Menschen, ist das Tapetum weisslich und Aderhautgefässe dahinter sehr deutlich. Man sieht auch Wirbelvenen gar nicht so weit vom Sehnerveneintritt, während solche im menschlichen Augengrund erst in der Nähe des Aequators auftauchen. Bei den pigmentirten Pferden mit sogenanntem „Glasauge“, d. h. mit einem pigmentlosen Fleck in der sonst dunklen Iris, ist oberhalb des Sehnerven, der im gleichförmig rothen gekörnten Augengrund (fast wie beim Menschen) liegt, nur eine ganz schmale weissliche Zone vorhanden, darüber wieder röthlicher Augengrund mit sichtbarer Aderhautvascularisation; schläfenwärts verbreitert sich jene weisse Zone ganz allmählich zu einem normalen grünlichen Tapetum.

Ich hätte diese ausführlichen Mittheilungen, die eigentlich mehr für die Veterinärmedicin von Interesse sind, nicht gemacht, wenn ich nicht damit glaubte nachweisen zu können, dass innerhalb der nämlichen Species bei geringen Schwankungen der allgemeinen Pigmentirung das Tapetum den gewaltigsten Schwankungen unterliegt. Danach könnte es fraglich erscheinen, ob dem Tapetum eine wichtige Function für den Sehact zukommt. Zum Distinguiren trägt es nicht bei. Eine Vermehrung des Helligkeitseindrucks durch Lichtreflexion ist möglich.

Man kann von dem Pferdeauge sowohl das aufrechte wie das umgekehrte Bild bequem gewinnen.

Die breite querovale Pupille — mit dem traubenförmigen Anhängsel ihres Randes, besonders des oberen, — gestattet die Untersuchung bei Tageslicht. Der Kopf des Pferdes steht mit der Längsaxe parallel der Fläche des einen unbedeckten, nicht zu niedrigen Fensters, gegen welches der Beobachter seinen Spiegel kehrt, um das gerade vom Fenster abgewendete Auge zu betrachten.

Im aufrechten Bilde erkennt man die deutliche Chromasie und den starken Astigmatismus des Pferdeauges. Der weisse Skleralring, um den nur selten Andeutungen eines schwachen Pigment- (oder Choroïdal-) Ringes wahrnehmbar sind, hat unterhalb des Sehnerven, da wo er an den Augengrund grenzt, einen bläulichen Rand.[1]

---

[1] Einen entsprechenden Rand nach oben vom Sehnerven konnte ich nicht so klar

Sowie der Beobachter sein Auge ein wenig bewegt, schwankt das Bild des Sehnervenrandes, wie wenn es von einem ganz leicht gekräuselten Wasserspiegel entworfen wäre. Es ist ja richtig, dass der Sehnerv des Pferdes schon ziemlich excentrisch liegt; aber auch an centralen Theilen des Augengrundes, namentlich an den Punkten des Tapetums, ist der Astigmatismus des Pferdeauges deutlich zu erkennen.

Zum Schluss möchte es vielleicht nicht uninteressant sein, die von Laien z. B. den Pferdebesitzern wie auch von Veterinärärzten vielfach geäusserte Ansicht, dass das Pferdeauge alle Objecte ungewöhnlich gross sehe und daraus die Scheu der Pferde sich erkläre, so weit es angeht, einer wissenschaftlichen Discussion zu unterziehen. Soviel ist klar, dass genau genommen jeder Mensch, und gewissermaassen auch jedes Thier, seinen eigenen Maassstab der Welt in sich trägt. Einer linearen Ausdehnung z. B. von 1 Zoll, gesehen aus einer bestimmten Entfernung, z. B. von 10 Zoll, entspricht eine gewisse Grösse des Netzhautbildes, die nicht nur bei verschiedenen Arten, sondern sogar, wenigstens gilt das für den Menschen, auch bei den verschiedenen Einzelwesen derselben Art, ja eigentlich für jedes Individuum zu verschiedenen Wachsthumsperioden verschieden gross ausfällt.[1] Trotz dieser Verschiedenheit macht sich jeder einzelne Mensch eine subjectiv richtige Anschauung von dem Zoll und die Projection seines Netzhautbildes nach aussen deckt sich mit dem empfundenen oder wahrgenommenen Object in einer soweit hinreichenden Genauigkeit, dass auf die Sinneswahrnehmung erfolgreiches Handeln durch passende Muskelcontraction basirt werden kann.

Welches soll nun das Normalmaass der Netzhautbildgrösse sein, damit ein Thier die Gegenstände nicht zu gross oder zu klein sehe? Hier herrscht absolute Willkür. Gehen wir vom Menschen aus, wählen wir ein emmetropisches mittleres Auge und einen Gegenstand, dessen Höhe 6 Winkelgrade umspannt, der also eben auf dem menschlichen Sehnerv Platz finden, d. h. dessen Bild ungefähr $1 \cdot 5^{\mathrm{mm}}$ betragen würde. Bieten wir diesen Gegenstand dem Froschauge; und zwar sei die Möglichkeit der scharfen Einstellung gegeben: so ist die lineare Ausdehnung des Bildes nur $^1/_5$ von dem vorherigen Werthe, d. h. $0 \cdot 3^{\mathrm{mm}}$; die lineare Axenlänge des Frosch-

sehen. Mitunter fand ich ihn deutlich roth. Danach wäre prismatische Farbenzerstreuung des Bildes der excentrischen Sehnervenscheibe anzunehmen.

[1] Es giebt Menschen mit sehr kleinen, aber sonst guten Augen (mit einer Hornhautbreite von 8 mm), deren Weltanschauung — ich meine den Ausdruck im wörtlichen Sinne — nicht von der der mitteläugigen Menschen abweicht, obwohl das Weltbild entschieden ja auf der Netzhaut der ersteren in verjüngtem Maassstabe ausgeführt ist; und ebenso giebt es grosse Menschenaugen (mit einer Hornhautbreite von 13 mm) die vollkommen normal functioniren.

auges ist aber etwa $^1/_4$ von der des menschlichen. Hier wäre annähernde Proportionalität vorhanden. Beim Kaninchen wäre hingegen dasselbe Bild relativ klein, nämlich etwa $0 \cdot 75^{mm}$ oder halb so gross wie beim Menschen, und doch ist das Auge der ausgewachsenen grossen Kaninchen 17^{mm} lang, d. h. so lang wie das Auge des eben ausgetragenen Menschen. Denn bekanntlich ist das Verhältniss der Körperlängen beim neugeborenen und beim ausgewachsenen Menschen etwa wie $1:3^1/_2$, das Verhältniss der Augenaxen wie $1:1^1/_4$.

Vom Pferde können wir zunächst nur aussagen, dass es ein relativ grosses Auge von 48^{mm} Breite und 43^{mm} Tiefe, ja das grösste Auge von allen Landthieren besitzt.

Bei wachsendem Volum des Wirbelthieres pflegt im Allgemeinen die Sehaxe weniger rasch mit zu wachsen, so dass die grössten Wirbelthiere relativ die kleinsten Augen haben und umgekehrt.

Das Bild des gedachten Gegenstandes würde im Pferdeauge fast noch einmal so gross sein können wie beim Menschenauge: dann wäre es nahezu im Verhältniss des längeren Bulbus vergrössert.

Es erhebt sich also die Aufgabe, die Netzhautknotenpunktdistanz f des Pferdes zu messen. Die Breite oder Höhe (den verticalen Durchmesser) der quer ovalen Pferdepapille fand ich etwa gleich vier Millimetern bei der anatomischen Messung;[1] und etwa gleich 28^{mm} bei der ophthalmoskopischen Betrachtung des aufrechten Bildes, wobei übrigens die Messung durch Unruhe des Pferdes erheblich erschwert ist. Die Linearvergrösserung v des aufrechten Bildes ist für das Pferdeauge also gleich 7. Nun ist $f = \frac{s}{v} = \frac{216}{7}$; folglich haben wir Grund zu der Annahme, dass f etwa 30 oder 31^{mm} beträgt, d. h. nahezu das Doppelte von der Netzhautknotenpunktdistanz des Menschen.

Etwas präciser liess sich die Linearvergrösserung des umgekehrten Bildes messen. Ich fand dieselbe bei Anwendung einer Convexlinse von 2″ oder 54^{mm} Brennweite etwa gleich 2, da mir das Bild des Sehnerven, auf 8″ Entfernung projicirt, etwa 8^{mm} hoch erschien.

$$v' = 2 = \frac{F}{f} = \frac{54}{f}$$

$$f = \frac{54}{2} = 27.$$

Diesen letzteren Werth von f möchte ich für den genaueren halten. Man kann bis auf Weiteres das Mittel zwischen beiden nehmen, nämlich $28 \cdot 5$ oder 29^{mm}. Sucht man das Verhältniss zwischen Sehaxenlänge

[1] Den horizontalen dabei gleich 6^{mm}.

und Netzhautknotenpunktdistanz, so ist dasselbe beim Menschen gleich 24:16;[1] beim Pferde gleich 43:29, und beide Verhältnisse sind so nahezu einander gleich, dass man wohl ein Recht hat zu behaupten, das Pferdeauge erhalte von einem fernen oder doch nicht allzu nahen Gegenstand ein Bild, dessen linearer Durchmesser nur im Verhältniss zu der längeren Sehaxe grösser erscheint als im menschlichen Auge.

Wenn also das Pferd leicht scheut, so wird das wohl mehr in einer psychischen Nervosität als in seinem Auge begründet sein, zumal da auch ebenso unerwartete Gehörseindrücke veranlassend wirken.

Wie man sieht, knüpft sich eine Reihe physiologisch interessanter Fragen direct an die vergleichende Ophtalmoskopie an, doch werden noch sehr viele Untersuchungen nöthig sein, um den Gegenstand auch nur zu einem vorläufigen Abschluss zu bringen.[2]

---

[1] 27:16, 6 = 93 : X; X = 29, 7.

[2] Einige ergänzende Notizen sollen später in diesem Archiv veröffentlicht werden.

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrgang 1881—82.

VI. Sitzung am 9. December 1881.[1]

Hr. Senator hielt den angekündigten Vortrag: Zur Theorie der Harnabsonderung.

Wie man weiss, stehen sich gegenwärtig zwei Theorien der Harnabsonderung gegenüber, von denen man die eine als Filtrations-, die andere als Secretionstheorie bezeichnen kann. Jene, bekanntlich von Ludwig herrührende, verlegt den ganzen Absonderungsprozess in die Malpighi'schen Körperchen, und lässt nach rein physikalischen Gesetzen weiterhin die filtrirte Flüssigkeit sich bis zu dem fertigen Harn verändern, wie ich es als bekannt voraussetzen kann.

Ebenso brauche ich nicht besonders die Bedenken auseinanderzusetzen, welche namentlich in neuerer Zeit dagegen geltend gemacht worden sind. Wenn auch nicht alle vorgebrachten Einwände gleich zwingende Beweiskraft haben und einer oder der andere auch vom Standpunkte der Ludwig'schen Theorie aus entkräftet werden kann, wie ich zum Theil später noch zu zeigen Gelegenheit haben werde, so ist doch wohl nicht zu bestreiten, dass gewisse Thatsachen sich mit jener Theorie nicht vereinigen lassen. Heidenhain hat neuerdings[2] dieselben zusammengestellt und, soweit sie die Absonderung der sogenannten specifischen Harnbestandtheile betreffen, in, wie ich glaube, zutreffender Weise gewürdigt. In Folge davon musste die schon von Bowman ausgesprochen Ansicht von der secretorischen Function der Epithelien der Harncanälchen wieder mehr Ansehen gewinnen und nachdem Heidenhain und seine Schüler experimentell die Richtigkeit dieser Ansicht nachgewiesen haben, ist an dieser Function wohl nicht zu zweifeln, auch abgesehen davon, dass die Beschaffenheit dieser Zellen sie, wie schon Bowman geltend machte, in die Reihe der Drüsenepithelien verweist. Ich halte es also für sichergestellt, dass die Epithelien der gewun-

---

[1] Ausgegeben am 16. December 1881.

[2] S. Hermann's *Handbuch der Physiologie*. V. 1.

denen Harncanälchen und theilweise vielleicht auch noch der Henle'schen Schleifen gewisse Harnbestandtheile in specifischer Weise secerniren.

Heidenhain ist aber in allerjüngster Zeit noch einen Schritt weiter gegangen, indem er auch die Absonderung des Wassers (und der das Wasser überall begleitenden Salze) aus den Gefässknäueln nicht nur als Filtration, sondern als ächte Secretion der Epithelien, welche die Knäuel überziehen, betrachtete. Und zwar soll die active Thätigheit dieser Epithelien von der Blutzufuhr abhängen, insbesondere abnehmen bei verlangsamtem Blutstrom und soll ihre normale Thätigkeit auch in der Zurückhaltung von Serumeiweiss bestehen. Damit wären auch die letzten Reste der Ludwig'schen Theorie beseitigt. Indessen scheint mir einerseits, dass dieser Theil der Heidenhain'schen Theorie nicht hinlänglich begründet ist, im Gegentheil zu vielen Bedenken Anlass giebt und dass andererseits auch keine Nöthigung vorliegt, die Annahme einer Filtration aus den Gefässknäueln neben derjenigen einer Secretion der Harncanälchen-Epithelien aufzugeben.

Zunächst scheint es mir sehr gewagt zu sein, jene Epithelien als activ secernirende, also als Drüsenepithelien anzusehen, weil sie ihrer histologischen Beschaffenheit nach von allen bekannten Drüsenepithelien abweichen. Denn es sind dies nach der Geburt ganz platte, den Endothelien seröser Häute oder vielleicht den Bindegewebszellen ähnliche Zellen und man wird nicht leicht geneigt sein, solchen Zellen eine secretorische Fähigkeit, wie sie sonst nur den ganz anders beschaffenen Drüsenzellen zukommt, zuzuschreiben, auch wenn es sich nur um eine Secretion von Wasser handelt. Dies um so weniger, als wir ja Drüsen kennen, welche eine solche Function ausüben, welche aber in der That auch ganz anders beschaffene Epithelien zeigen. Solche Drüsen, welche nur Wasser und die das Wasser überall begleitenden Salze secerniren, sind die Thränen- und Schweissdrüsen. Ihr Drüsenepithel ist aber mit dem Epithel der Knäuelgefässe gar nicht zu vergleichen. Und auch sonst verhalten sich diese Drüsen ganz anders als die Knäuel. Sie sind bis zu einem gewissen Grade unabhängig von der Blutzufuhr, dagegen in hohem Maasse abhängig von specifischen Reizen und von der Innervation, wie dies namentlich von der Schweisssecretion in neuerer Zeit nachgewiesen ist.[1] Insonderheit ist hervorzuheben, dass Schweissabsonderung auch neben vermindertem Blutzufluss bestehen kann. In Betreff des Einflusses der Blutzufuhr auf die Thränenabsonderung fehlen gleich beweiskräftige experimentelle Beobachtungen, doch sprechen alle Erfahrungen dafür, dass hier die Verhältnisse ebenso liegen. Wenigstens ist bekannt, dass trotz stärkster Herabsetzung des arteriellen Drucks und trotz der höchsten Grade von Anämie die Thränenfluth nicht versiegt, ja auf entsprechende Reize eher noch reichlicher fliesst. Auch kann man vielleicht hier anführen, dass Cl. Bernard bei stark curarisirten Pferden vor dem Tode, wo sicherlich die Blutzufuhr vermindert war, die Thränenabsonderung zunehmen sah.

Ganz abweichend davon ist das Verhalten der Gefässknäuel. Hier ist die Absonderung ausschliesslich von der Blutzufuhr abhängig und kein Reiz ruft sie wieder hervor, wenn sie durch Beschränkung der Blutzufuhr in's Stocken gerathen ist. Dadurch unterscheidet sich diese Absonderung eben ganz wesentlich auch von der Absonderung in den Harncanälchen. Die Kenntniss dieses Ver-

[1] S. Luchsinger in Hermann's *Handbuch der Physiologie*. V. 1.

haltens verdanken wir gerade auch den Untersuchungen Heidenhain's, sowie Nussbaum's, Grützner's u. A. Wenn bei Thieren in Folge von Rückenmarksdurchschneidung der Blutdruck so weit gesunken ist, dass keine Harnabsonderung stattfindet, so gelingt es durch allerhand Reizmittel, namentlich auch durch sogenannte „harnfähige“ Stoffe, wieder eine Harnabsonderung hervorzurufen und zwar selbst ohne jede Blutdrucksteigerung. Diese Absonderung beruht aber lediglich auf der specifischen Drüsensecretion in den Harncanälchen, wie daraus hervorgeht, dass sie auch nach Ausschaltung der Gefässknäuel, sei es (wie beim Frosch) durch Unterbindung ihrer Gefässe, sei es durch Aetzung, stattfindet.[1] Die Epithelien der Harncanälchen verhalten sich eben, wie andere Drüsen, welche durch adäquate Reize in Thätigkeit gesetzt, oder in ihrer Thätigkeit verstärkt werden, die Knäuelgefässe dagegen zeigen diese Fähigkeit nicht trotz ihres Epithelüberzuges. Heidenhain ist deshalb zu der weiteren Annahme genöthigt, dass für die active Thätigkeit dieser Epithelien der Wassergehalt des Blutes das allein Bestimmende, gleichsam der adäquate Reiz sei, obgleich er selbst nicht übersieht, dass diesen Epithelien damit wieder eine Ausnahmestellung unter allen Drüsenzellen eingeräumt werden muss.[2]

Wenn hiernach schon die Annahme einer specifischen Wasserabsonderung durch jene Epithelien sehr bedenklich erscheint, so sprechen vollends eine Anzahl pathologischer Thatsachen gegen dieselbe und gegen die Eigenschaften, welche Heidenhain ihnen zuzuschreiben genöthigt ist. Bei der Schrumpfniere sind bekanntlich die Gefässknäuel mit ihrem Epithelüberzug und ihren Kapseln in grosser Ausdehnung ganz verödet und trotzdem ist die Harnmenge dabei nicht vermindert, sondern sehr bedeutend vermehrt, was sich vom Standpunkt der Filtrationstheorie sehr einfach daraus erklärt, dass in den nicht verödeten Gefässen und zwar auch des interstitiellen Gefässsystems der Druck ganz beträchtlich erhöht ist, einmal eben wegen des Untergangs einer grossen Zahl von Gefässverzweigungen in der Niere, zweitens wegen der Herzhypertrophie, die nicht die mechanische Folge bloss jenes Gefässunterganges ist. Man könnte in diesem Falle die vermehrte Absonderung von Heidenhain's Standpunkt so zu erklären versuchen, dass die Epithelien der von der Verödung nicht ergriffenen Knäuel eben wegen des erhöhten arteriellen Druckes und der damit verbundenen Blutzufuhr mehr als gewöhnlich secerniren. Aber wer einmal eine solche Schrumpfniere, in welcher von Parenchym nur noch wenige Reste zu finden sind, gesehen hat, der wird wohl den Eindruck bekommen, dass man den wenigen erhaltenen Knäueln kaum eine solche Secretionssteigerung zumuthen kann. Gleichwohl gebe ich zu, dass dies kein zwingender Einwand gegen Heidenhain's Ansicht ist und dass man immerhin zu ihren Gunsten jene wenn auch sehr unwahrscheinliche Erklärung zulassen könnte. Misslicher aber steht es mit der Amyloidentartung der Nieren. Bei dieser sind gewöhnlich die Gefässknäuel zuerst und am meisten und häufig ganz allein entartet und zwar mitsammt ihren Epithelien, von denen gar Nichts mehr zu erkennen ist. Gleichwohl nimmt die Harnmenge dabei nicht nur nicht ab, sondern ist in der Regel sogar reichlicher, als normal. Mit der Annahme Heidenhain's ist diese Thatsache wohl kaum vereinbar, während sie bei der Annahme einer Filtration

---

[1] S. Heidenhain, a. a. O. S. 338—340 u. S. 350 u. s. w.
[2] A. a. O. S. 337—338.

in den Gefässknäueln mit Nothwendigkeit sich ergiebt. Denn bei der Amyloiderkrankung ist immer Hydrämie, d. h. eine abnorm geringe Concentration des Blutes vorhanden; es ist aber bekannt, dass eine verdünnte Lösung mehr filtriren lässt, als eine concentrirte unter sonst gleichen Bedingungen. Man braucht zur Erklärung der vermehrten Harnabsonderung hierbei nicht einmal die Annahme, dass die amyloid entarteten Gefässe abnorm durchlässig sind, eine Annahme, die man zur Erklärung der Albuminurie wohl machen kann und die übrigens mit Heidenhain's Ansicht ja Nichts zu thun hat. Uebrigens kommt Amyloidentartung der Niere auch zuweilen ohne Albuminurie vor. Endlich verdanken wir Bartels eine klinische Beobachtung, welche jener Ansicht ganz und gar widerspricht.[1] Bei einem Manne nämlich mit Thrombosirung der unteren Hohlader, aber übrigens normaler Herzthätigkeit wurde ein reichlicher blut- und eiweisshaltiger Urin entleert. Hier war in Folge der Thrombose eine beträchtliche Stauung im ganzen Gebiet der unteren Hohlader vorhanden (wofür auch das beträchtliche Oedem der unteren Körperhälfte sprach), also auch eine Verlangsamung des Blutstromes in den Nieren, welche nach Heidenhain die Function der in Rede stehenden Epithelien hätte schädigen und eine Abnahme der Harnmenge herbeiführen müssen. In der That erklärt er auch in dieser Weise die bei anderen Arten der Nierenstauung vorkommende Albuminurie mit verminderter Harnmenge.[2] Entweder waren nun in diesem Bartels'schen Falle die Epithelien in ihrer Ernährung und Function beeinträchtigt in Folge der Stromverlangsamung, dann hätte die Absonderung des Harns nicht zu-, sondern abnehmen müssen, oder sie waren eben nicht geschädigt trotz des verlangsamten Blutstromes, das ist aber mit Heidenhain's Ansicht nicht verträglich. Und obendrein hätten sie dann kein Eiweiss und Blut durchlassen müssen. Auch wenn man in diesem Falle Eiweiss und Blut nicht aus den Gefässknäueln wollte herleiten, sondern aus dem interstitiellen Gefässsystem, eine Annahme, gegen welche Heidenhain selbst sich entschieden sträubt, kommt man aus den Widersprüchen nicht heraus, während für die Filtration die Sache als Folge des gewaltig gesteigerten Drucks höchst einfach liegt.

Es giebt ausserdem noch experimentelle Thatsachen, welche gegen die Annahme einer secretorischen Thätigkeit der Epithelien in dem angegebenen Sinne sprechen, wenigstens gegen die Annahme, dass sie nur bei verminderter Blutzufuhr oder verlangsamtem Blutstrom Eiweiss durchlassen, aber nicht bei vermehrter. Da diese schon in das zum Theil pathologische Gebiet der Albuminurie gehören und ich sie überdies ganz kürzlich an anderer Stelle besprochen habe,[3] so will ich auf sie hier nicht eingehen und nur hervorheben, dass eben auch sie sich vom Standpunkt der Theorie der Filtration, nicht aber einer Secretion in den Knäueln leicht erklären lassen.

Alle angeführten Einwände, von denen der eine ein grösseres, der andere ein geringeres Gewicht beanspruchen darf, scheinen mir in ihrer Gesammtheit hinreichend, um die Annahme einer secretorischen Thätigkeit der Epithelien, welche die Knäuel überziehen, fallen zu lassen. Gleichwohl könnten ja die Gründe, welche Heidenhain veranlasst haben, die Filtrationstheorie ganz auf-

---

[1] S. v. Ziemssen's *Handbuch der Pathologie.* IX. 1. S. 39 u. 177.
[2] A. a. O. S. 371.
[3] *Die Albuminurie im gesunden und kranken Zustande.* Berlin 1882. S. 38—73.

zugeben, berechtigt sein. Soweit sie sich auf die Absonderung der sogenannten specifischen Harnbestandtheile beziehen und diese durch Secretion der Harncanälchen-Epithelien, nicht durch Filtration in den Harn gelangen lassen, kann, wie ich vorhin schon angab, ihre Berechtigung nicht in Zweifel gezogen werden. Zum Theil nun sind es dieselben Gründe, die Heidenhain bewogen haben, in den Nieren überhaupt nur Secretion und gar keine Filtration gelten zu lassen und sie somit allen anderen Drüsen, in welchen zweifellos keine blosse Filtration stattfindet, gleichzustellen. Denn, wie er ganz mit Recht sagt, „für alle übrigen Drüsen ohne Ausnahme wissen wir bereits mit Sicherheit, dass die Wasserbewegung aus dem Blute in die Secretionsräume nicht auf einfacher Filtration beruht.“[1] Allein meines Erachtens müsste gerade ein Vergleich mit allen anderen Drüsen uns davon abhalten, in den Nieren denselben Ablauf der Vorgänge zu erwarten. Denn die Nieren unterscheiden sich eben in ihrem Bau ganz wesentlich von allen anderen Drüsen; erst wenn wir uns das ganze System der Malpighi'schen Körperchen mit zu- und abführenden Gefässen wegdenken, erst dann gleicht die Niere in der Hauptsache allen anderen Drüsen. Weil sie aber auch ausserdem jenes System besitzt, so ist man wohl eher berechtigt, bei den Nieren eine Abweichung in den Absonderungsvorgängen, als eine Uebereinstimmung mit denjenigen anderer Drüsen zu erwarten. Von dieser Seite ist also sicher kein Grund vorhanden, eine Filtration in den Gefässknäueln in Abrede zu stellen. Einen anderen Grund bildet für Heidenhain der Umstand, dass die Harnmenge durchaus nicht immer mit der Drucksteigerung parallel geht, mit ihr steigt und fällt, wie es der Fall sein müsste, wenn die Absonderung auf Filtration beruhte. Man könnte diesen Einwand einfach damit zurückweisen, dass ja in der That die Niere kein einfacher Filtrationsapparat ist, sondern zum Theil eine wahre Drüse, dass also auch durchaus keine vollständige Abhängigkeit vom Druck bei ihr zu erwarten ist. Dass Heidenhain dennoch jenen Einwand geltend macht, beruht darauf, dass er für gewöhnlich das Wasser des Harns nur aus den Knäuelgefässen, nicht aus den die Harncanälchen umspinnenden Capillaren abstammen lässt, wie man denn bisher dabei immer nur an die Knäuel gedacht hat. Indessen scheint mir auch dieses eine gegen alle Analogie und Wahrscheinlichkeit gemachte Annahme zu sein, denn keine wirkliche Drüse liefert ein Secret ohne Wasser.[2] Und dass die Harncanälchen nach Ausschaltung des Knäuelsystems auch wirklich flüssigen Harn liefern können, hat Nussbaum beim Frosch bewiesen. Den Reiz zur Absonderungsthätigkeit bilden, wie schon erwähnt, die beständig im Blut vorhandenen „harnfähigen“ Stoffe. Wenn freilich im Experiment nach Rückenmarkstrennung der Kreislauf darniederliegt, bedarf es einer verhältnissmässig grösseren Zufuhr nur eines dieser harnfähigen Stoffe, um die durch die verlangsamte Zufuhr in ihrer Function beeinträchtigten Epithelien zur Secretion anzuregen. Anders muss es offenbar bei normalen Kreislaufsverhältnissen sein. Einmal werden die normal ernährten Epithelien der Harncanälchen schon auf geringere Reize reagiren, dann ist das die Harncanälchen umspülende Blut, wie Ludwig vor Jahren schon hervorgehoben hat, durch den Wasserverlust eingedickt und führt daher verhältnissmässig mehr harnfähige Stoffe den Epithelien zu und endlich ist zu bedenken, dass hier eine Summe von mehreren „harnfähigen“ Stoffen

[1] A. a. O. S. 331.

[2] Bei den Talgdrüsen findet keine eigentliche Secretion statt, sondern nur eine Wucherung und fettige Umwandlung der Epithelien.

(Harnstoff, harnsaure Salze, Kochsalz u. s. w.) zusammenwirkt und sicherlich unter normalen Verhältnissen dasselbe bewirken kann, was unter abnormen Verhältnissen (nach Rückenmarkstrennung z. B.) eine grössere Menge eines einzigen Stoffes bewirkt.

Nach alledem muss man es wohl als ausgemacht betrachten, dass ein Theil des Harnwassers und zwar zweifellos wohl der kleinere Theil, von den Epithelien der Harncanälchen geliefert wird durch wirkliche Drüsenthätigkeit. Wenn demnach das Harnwasser nicht immer in dem Maasse abgesondert wird, wie man es nach Ludwig's Filtrationstheorie erwarten sollte, so könnte man das eben daraus erklären, dass die Niere nur zu einem Theil ein Filtrationsapparat ist und dass die Abweichungen nicht durch den filtrirten, sondern durch den secernirten Harnantheil bedingt werden.

Aber auch wenn wir selbst einen Augenblick es gelten liessen, dass alles Wasser des Harns nur von den Knäueln geliefert werde, so sprechen die von Heidenhain angeführten die Wasserabsonderung betreffenden Thatsachen keineswegs gegen die Filtrationstheorie. Diese Thatsachen sind: 1) Dass bei Verengerung oder Verschliessung der Nierenvenen der Harn sofort an Menge abnimmt (und zugleich eiweisshaltig wird), während doch der Druck in den Knäueln gesteigert wird. Nach Ludwig erklärt man das gewöhnlich so, dass bei Unterbindung der Nierenvene durch die stark angeschwollenen Venenbündel im Pyramidentheil die abführenden Harncanälchen zusammengedrückt werden und so der Abfluss des Harns rein mechanisch gehindert ist. Heidenhain lässt diese Erklärung nicht gelten, weil eine solche Venenausdehnung eine gewisse Zeit erfordere, während der Harn sofort nach Schliessung der Vene fast vollständig und in kürzester Zeit wirklich vollständig versiegt, so dass man die Ueberzeugung gewinne, es handele sich um schnelle Unterbrechung der Absonderung selbst.[1] Diesem Einwand kann man wohl kein grosses Gewicht beilegen, denn es scheint mir gerade sehr glaublich, dass bei gehemmtem Blutabfluss das mechanische Hinderniss sofort gegeben ist und zwar von den Pyramiden bis rückwärts hinauf nach den Knäueln und dass die dazu erforderliche Zeit jedenfalls nur nach Secunden zu bemessen ist. Wenn aber wirklich in diesem Fall der Harnfluss so auffallend schnell stockte, so würde das, scheint mir, eher gegen die Annahme sprechen, dass die Absonderung stockt. Denn in wirklichen Drüsen, wie z. B. der Leber, den Speicheldrüsen hört die Absonderung nicht sofort in demselben Moment auf, wo der Blutstrom unterbrochen wird, sondern erst allmählich,[2] was auch ganz gut verständlich ist.

2) Die andere Thatsache betrifft das Verhalten der Harnmenge bei Flüssigkeitszufuhr zum Blut. Einerseits nämlich könne man (nach Ponfick) bedeutende Mengen von Serum oder Hundeblut einspritzen, ohne merkliches Ansteigen der Harnabsonderung, andererseits bewirke (nach Pawlow) die Resorption grosser Flüssigkeitsmengen vom Magen aus eine verstärkte Harnabsonderung ohne Blutdrucksteigerung.[3] Dass diese Thatsachen der Filtrationstheorie Schwierigkeiten bereiten sollten, vermag ich nicht einzusehen. Denn wie Heidenhain selbst hervorhebt, steigt im ersteren Fall, bei Einspritzung in's Blut, der Druck

[1] A. a. O. S. 325.
[2] Heidenhain, a. a. O. S. 264, 46.
[3] A. a. O. S. 333.

nicht in der früher vermutheten Weise, es ist also *ceteris paribus* auch kein Grund zur gesteigerten Filtration. Was aber die harntreibende Wirkung der Flüssigkeitszufuhr zum Magen betrifft, so kommt hier die Verdünnung der Blutflüssigkeit in Betracht, welche bekanntlich (vgl. oben) die Filtration sehr erheblich befördert. Natürlich wirkt die Verdünnung ebenso auch wenn sie nicht gerade durch Resorption vom Magen aus herbeigeführt ist. Spritzt man also in's Blut statt Serum oder Blut eine dünne Kochsalzlösung, so sieht man bekanntlich (wieder ohne Drucksteigerung) ebenfalls die Harnabsonderung bedeutend steigen.

Wenn alles dies auch nicht direct die Filtration beweist, so spricht es jedenfalls nicht dagegen.

Endlich aber, und dies ist principiell ein sehr wichtiger Punkt, ist Heidenhain der Ansicht, dass es überhaupt keine allgemeine Eigenschaft der Capillaren sei, bei vermehrter arterieller Zufuhr grössere Flüssigkeitsmengen durch ihre Wandung zu lassen und dass die Capillaren den Nierenknäuel vermöge ihrer Epitheldecke erst recht dem Filtrationsdrucke Widerstand leisten müssen. Das Letztere, der grössere Widerstand einer mit Epithel bekleideten Wand, soll nicht bestritten werden, wohl aber, dass die Transsudation aus den Capillaren, unabhängig vom Druck, insbesondere vom arteriellen Druck, entgegen den Filtrationsgesetzen geschehe. Heidenhain beruft sich zum Beweise dafür auf die in Ludwig's Laboratorium angestellten Versuche über das Verhalten des Lymphgefässstromes bei Steigerung des arteriellen Drucks. Diese Vergleichung des Flüssigkeitsstromes aus einem geöffneten Lymphgefässstamme mit der Transsudation aus den Capillaren halte ich nicht statthaft aus Gründen, welche ich in der schon erwähnten Monographie [1] angegeben habe und daher, um nicht noch weitläufiger zu werden, hier nicht weiter aufzählen will. Es genüge darauf hinzuweisen, dass der Inhalt der Lymphgefässstämme sowohl morphologisch wie chemisch von den Transsudaten unterschieden ist, dass jener Inhalt zu fliessen aufhört unter Umständen, wo die Transsudation zweifellos nicht zu fliessen aufhört und dass man sämmtliche Lymphbahnen eines Körpertheils absperren kann, ohne Oedem zu erhalten. Oedem entsteht immer nur, wo Venen oder Venen und Lymphgefässe zusammen nicht ausreichen, die transsudirte Flüssigkeit fortzuschaffen. Was also für den Inhalt der Lymphstämme richtig ist, gilt nicht ohne Weiteres für die Transsudation aus den Capillaren. Deren Verhalten muss eben an Transsudaten selbst studirt werden und soweit dies geschehen ist, hat sich noch immer ergeben, dass mit steigendem Druck die Transsudation aus den Capillaren zunimmt. So hat Chabbas unter Heidenhain's Leitung es am Humor aqueus, der wohl als ein Transsudat zu betrachten ist, gefunden,[2] und so bestätigt die hundertfältige Erfahrung am Krankenbett, dass wirkliche Transsudate (nicht Exsudate) mit dem Druck steigen und fallen, wobei selbstverständlich nicht ausgeschlossen ist, dass noch andere Bedingungen mitwirken können. —

Fasse ich nunmehr alles Gesagte zusammen, so glaube ich zu dem Schluss berechtigt zu sein, dass kein Grund vorhanden ist, die Ansicht aufzugeben, wonach aus den Knäuelgefässen der Niere nur Transsudat nach den Gesetzen der Filtration austrete. Daneben findet in den gewundenen Harncanälchen

---

[1] *Die Albuminurie* u. s. w. S. 28—30.

[2] Die späteren Untersuchungen darüber von Dogiel und Jesner betreffen die Veränderungen des Eiweissgehaltes.

eine Absonderung der specifischen Harnbestandtheile in wässriger (concentrirter) Lösung statt, sodass also der fertige Harn ein Gemisch aus einer transsudirten und einer secernirten Lösung darstellt.

Wenn nun die aus den Knäuelgefässen austretende Flüssigkeit ein Transsudat ist, so muss sie die allen Transsudaten gemeinsamen Bestandtheile enthalten, d. h. ausser Wasser die im Blutplasma gelösten Bestandtheile, natürlich nach Maassgabe ihrer Filtrationsfähigkeit, also nicht bloss Salze, Spuren von Harnstoff u. s. w. sondern auch Eiweisskörper (Serumalbumin und Globulin). Denn es giebt kein Transsudat ohne Eiweiss und wenn eine, gelöste Eiweisskörper enthaltende, Flüssigkeit überhaupt durch eine thierische Membran filtrirt, so filtriren auch die Eiweisskörper in einer ihrer im Allgemeinen geringen Filtrationsfähigkeit entsprechenden Menge, die ausserdem noch durch verschiedene Bedingungen verändert werden kann. So sind auf die Mengen des durchfiltrirenden Eiweisses von Einfluss: die Beschaffenheit, insbesondere die Dicke der Membran, die Concentration der Lösung, ihr Gehalt an Salzen, ihre Temperatur, der Filtrationsdruck. Da diese Bedingungen an verschiedenen Stellen des Körpers zweifellos verschieden sind, so kann der verschiedene Eiweissgehalt der Transsudate nicht Wunder nehmen. Insbesondere enthalten diejenigen normalen Transsudate, welche durch Epithel von den Capillaren getrennt sind, wie der Humor aqueus, Liquor cerebrospinalis, die Endolymphe so wenig Eiweiss, dass man sie oft als „nahezu eiweissfrei" betrachtet. Aus demselben Grunde würde man schon das Transsudat der Knäuel ebenfalls als nur ganz schwach eiweisshaltig, aber doch nicht als absolut eiweissfrei zu betrachten haben.

Bekanntlich haben die älteren Theorien von Küss, v. Wittig, Henle angenommen, dass das Knäueltranssudat Eiweiss enthalte. Um das Fehlen des Eiweisses im normalen Harn zu erklären, sollten die Epithelien der Harncanälchen der vorbeifliessenden Flüssigkeit das Eiweiss wieder entziehen. Letztere Ansicht ist niemals recht begründet, aber ebensowenig wirklich widerlegt worden. Denn was man früher wohl angeführt hat, nämlich dass bei Entartung der Epithelien keine Albuminurie eintrete, ist nicht zutreffend.[1] Was man dagegen anführen kann, ist nur, dass es unseren Vorstellungen über die Function von Drüsenepithelien wenig zusagt, anzunehmen, dass diese aus dem Secret bei ungehindertem Abfluss irgend Etwas, insbesondere gerade nur Eiweiss aufnehmen.

Im Gegensatz dazu lässt Ludwig, wie bekannt, das Knäuelfiltrat eiweissfrei austreten, ohne die Erklärung dafür zu geben, er bezeichnet sogar das Fehlen des Eiweisses als eine nicht gelöste und der Aufhellung bedürftige Frage.[2] Wie es scheint, hat er jene Annahme auch nur gemacht, um das Fehlen des Eiweisses im normalen Harne zu erklären. Inzwischen hat sich aber die Sachlage geändert. Zahlreiche neuere Untersuchungen haben gezeigt, dsss im Harn gesunder Menschen, nicht so selten, ja für die bisherigen Vorstellungen sogar überraschend häufig, Eiweiss in kleinen Mengen gefunden wird.[3] Die Physiologie hat von dieser Thatsache keine Kenntniss genommen, oder hat sie bei ihren Erörterungen gar nicht weiter berücksichtigt, sondern sie ist unbekümmert darum fortgefahren nach einer Erklärung zu suchen, warum der normale Harn

---

[1] S. Senator, *Die Albuminurie* u. s. w. S. 73.
[2] *Lehrbuch der Physiologie.* II. Aufl. II. 1861. S. 428—429.
[3] S. Senator a. a. O. S. 15.

und besonders die aus den Gefässknäueln austretende Flüssigkeit frei von Eiweiss sei. Dies zu erklären nehmen jetzt die Meisten an, dass die Gefässknäuel entweder wegen ihres Epithelüberzuges, oder wegen einer eigenthümlichen Structur ihrer Wandungen für die normalen Eiweisskörper des Blutplasma's undurchgängig seien. Diese Annahme ist ohne jede Analogie, denn wie gesagt, sind alle anderen Capillaren, ob mit oder ohne Epithelbelag, für Eiweiss durchgängig, sie ist um so weniger zulässig, als gewisse Eiweisskörper, welche leichter filtriren (Hühnereiweiss, Peptone u. s. w.) zweifellos durch die Knäuel hindurchtreten, sie ist also nur *ad hoc* gemacht, d. h. nur zu dem gewünschlen Zwecke, das Fehlen des Eiweisses im Harn zu erklären. Dieser Zweck ist aber verfehlt, denn thatsächlich kann auch im normalen Harn Eiweiss gefunden werden. Wie will man das mit jener Annahme erklären?[1]

Die bisherigen Vorstellungen über die Beschaffenheit des Knäueltranssudates sind also unbegründet. Man muss zugeben, dass dasselbe Eiweiss enthält und zwar allerdings in sehr geringen Mengen, einmal wegen des Epithelüberzuges, wie ich schon anführte. Dann kommt noch ein wichtiger Umstand hinzu, welcher bewirken muss, dass der Eiweissgehalt in diesem Transsudat noch geringer sein muss, als z. B. in den genannten „nahezu eisweissfreien" Transsudaten (Humor aqueus, Liquor cerebrospinalis, Endolymphe) d. i. der Umstand, dass dieses Filtrat unter viel höherem Drucke durchtritt. Es ist bekannt, dass in den Knäuelgefässen der höchste Capillardruck im Körper (auch wohl einschliesslich der Darmcapillaren) herrscht. Steigt aber der Filtrationsdruck, so filtrirt aus einer Eiweisslösung mehr Flüssigkeit, aber diese wird relativ ärmer an Eiweiss (die absolute Menge kann zunehmen). Demnach wird das Knäueltranssudat noch ärmer an Eiweiss sein, als die angeführten eiweissärmsten Transsudate. Endlich aber kommt drittens hinzu, dass zu diesem Transsudat in den Harncanälchen sich deren specifisches Secret, welches zweifellos eiweissfrei ist, noch hinzugesellt, so dass in demselben Maasse der fertige Harn schliesslich wieder procentisch noch weniger Eiweiss enthalten wird, als das Knäueltranssudat.

So weit ich sehe, stützt sich diese Erklärung auf keine willkürliche Annahme, sondern auf anerkannte physikalische Gesetze und sie bietet uns eine Handhabe, um das gelegentliche Vorkommen von Eiweiss im normalen Urin zu erklären. Denn da zweifellos schon in der Norm sowohl der Druck in den Knäueln wechselt, wie die Menge des von den Harncanälchen dazu tretenden Secrets, so wird, je nachdem diese beiden Bedingungen in ihrer Wirkung sich verstärken, oder abschwächen, der Harn bald mehr, bald weniger Eiweiss führen und dieses dem Nachweis leichter, oder schwerer zugänglich werden. Wir hätten demnach hier eine vollkommene Analogie mit dem Verhalten zahlreicher anderer normaler Harnbestandtheile (Zucker, Oxalsäure, Brenzcatechin u. s. w.), die bald in unendlich kleinen, bald in grösseren, besser nachweisbaren Mengen physiologisch im Harn sich finden. Ueber andere Bedingungen, welche schon in der Norm dazu beitragen können, grössere, leicht nachweisbare Eiweissmengen im Urin auftreten, also eine physiologische Albuminurie erscheinen zu lassen, sowie über die Erklärung des Einflusses der Circulationsänderungen in den Nieren und anderer pathologischer Bedingungen habe ich mich in der erwähnten Monographie ausgesprochen, weshalb ich hier darauf einzugehen verzichte.

---

[1] Näheres s. bei Senator, *Albuminurie* u. s. w. S. 22—24.

Nachtrag.[1]

Am 25. November sprach Hr. C. Friedländer: „Ueber die Schizomyceten der Pneumonie“.

Bei der Untersuchung von acht aufeinanderfolgenden Fällen von acuter sog. croupöser Pneumonie, von denen sechs reine Fälle, die anderen zwei mit Complicationen verbunden waren, fanden sich regelmässig in grosser Anzahl elliptisch gestaltete Mikrokokken, meist als Diplokokken zu zweit miteinander verbunden, oft auch in kurzen Ketten angeordnet. Die Mikroorganismen waren bei sämmtlichen Fällen enthalten:

1) in den fibrinösen Gerinnseln im Inneren der Bronchien,

2) in dem intraalveolaren Exsudat, und zwar zwischen den zelligen Elementen desselben, meist in das fibrinöse Material eingelagert,

3) in den pleuritischen Beschlägen und in dem Gewebe der entzündeten Pleura.

In zwei Fällen, bei denen ältere pleuritische Verwachsungen vorlagen, waren die Mikrokokken in grösster Zahl auch in dem Gewebe der Adhaerenzen nachweisbar; endlich in einem der Fälle auch in den **Lymphgefässen** des interstitiellen Gewebes an der scharf ausgesprochenen Grenze zwischen dem pneumonischen Infiltrat und dem gesunden Lungenparenchym. Die Lymphbahnen waren mit den Mikrokokken prall erfüllt, selbst varicös aufgetrieben, so dass sie an den mit Essigsäure aufgehellten, entfetteten Schnitten als weisse, silberglänzende Streifen schon **mit blossem Auge** sichtbar werden; ausserdem waren auch sternförmige, den **Saftcanälchen** entsprechende Räume in der Nachbarschaft der Lymphbahnen mit den Mikrokokken erfüllt. Der Fall gehörte zu den nicht complicirten.

Der Vortragende erinnert an die analogen Befunde, die durch Recklinghausen und Lukowsky bei dem Erysipelas, durch Klebs, Eberth und Koch bei der Pneumonie bereits gemacht worden sind, und hält es für wahrscheinlich, dass die gefundenen Schizomyceten für die Pathogenese der Pneumonie von wesentlicher Bedeutung sind.

VII. Sitzung am 23. December 1881.[2]

Hr. Dr. Ewald aus Strassburg hält als Gast den angekündigten Vortrag: „Ueber Haemomotoren.“

Will man den Blutstrom in einer Arterie von einer beliebigen äusseren Kraft, z. B. der eines Wassermotors während längerer Zeit abhängig machen, so bedarf man Instrumente, deren Application ohne Verletzung der betreffenden Arterie möglich ist. Derartige Instrumente oder Haemomotoren beruhen sämmtlich auf demselben Principe, die Arterien an einer Stelle zu comprimiren und diese Compressionsstelle in der Richtung des Blutstromes wandern zu lassen.

[1] Mitausgegeben am 16. December 1881.
[2] Ausgegeben am 4, Januar 1882.

Und zwar derartig, dass, wenn sie an's Ende des zur Verfügung stehenden Arterienstückes angelangt ist, dort die Compression aufgehoben wird, während zu gleicher Zeit am Anfange desselben Arterienstückes eine neue Compressionsstelle entsteht. Die Schnelligkeit, mit der man die Compressionsstelle bewegt, bedingt, solange es nicht am nöthigen Zuflusse von Seiten des Herzens mangelt, die Geschwindigkeit des Blutstromes in der Arterie.

Bezeichnet man ganz allgemein mit dem Namen „Pelotte" denjenigen Theil eines Instrumentes, der bestimmt ist, einer Arterie anzuliegen, um dieselbe entweder zu comprimiren oder durch den in ihr herrschenden Druck bewegt zu werden, so bestehen die einfachsten Haemomotoren aus einer Anzahl kleiner walzenförmiger Pelotten, die auf die Speichenenden eines Rades aufgesetzt sind und über die Arterie gerollt werden.

Eine andere Form der Haemomotoren stellt eine Schraube mit sehr grosser Steigung dar, deren Axe parallel der Arterie zu liegen kommt, und deren peripherer Rand immer an derjenigen Stelle, die bei der Drehung auf die Arterie drückt, als Pelotte wirkt. Diese Form bietet wenig Vortheile dar, selbst dann, wenn man den durch die Schraube auf die Arterie ausgeübten seitlichen Zug eliminirt.

Die besten Resultate hat bis jetzt eine dritte Form der Haemomotoren gegeben, bei der die Pelotten nicht in der Richtung des Blutstromes verschoben werden, sondern nur eine Bewegung senkrecht auf die Axe der Arterie machen. Das zuletzt nach diesem Principe construirte Instrument besteht aus sechs Pelotten, von denen die erste und die letzte möglichst schmal sind, die mittleren aber 1 ^{cm} Breite haben, so dass das für das Instrument nöthige Arterienstück 44 ^{mm} beträgt. Die Pelotten sind an Stangen befestigt, welche an ihrem anderen Ende kleine Rädchen tragen. An jedes dieser Rädchen greift ein Excenter an, der den Stab und daher auch die Pelotte niederdrückt, während Spiralfedern den Stab wieder nach oben, d. h. also von der Arterie abdrücken. Eine Mikrometerschraube gestattet die Pelotten so weit herab zu schrauben, dass jede bei ihrer tiefsten Stellung die Arterie vollständig comprimirt. Die Excenter, die auf einer gemeinschaftlichen Axe befestigt sind und durch die äussere Kraft in Rotation versetzt werden, haben eine derartige Stellung zu einander, dass jede Pelotte erst dann zu wirken anfängt, wenn durch die vorhergehende eine vollständige Compression erzielt worden ist, welche letztere auch so lange fortbesteht, bis die Bewegung der zweiten Pelotte vollendet ist, dann aber sofort wieder aufgehoben wird. Die erste Pelotte bewegt sich dabei ebenso wie eine siebente wirken würde.

Zur Kraftübertragung wird eine Pese aus Leder benutzt, welche in weitem Bogen nach unten geführt ist und hier eine Rolle trägt. An der Rolle hängt eine Schale, um Gewichte aufzunehmen, die dann der Pese die nöthige Spannung geben.

Ist das Instrument in richtiger Weise applicirt, so comprimirt es, solange es nicht in Bewegung gesetzt wird, die Arterie vollständig. Fängt es dann an zu arbeiten, so treibt es mit zunehmender Tourenzahl der Excenteraxe immer mehr Blut durch die Arterie, so dass nicht nur die normale Geschwindigkeit des Blutstromes wieder erreicht, sondern dieselbe sehr bedeutend gesteigert wird. Ein ideales Instrument würde dieselbe Strömungsgeschwindigkeit hervorbringen können, die das aus der geöffneten Arterie spritzende Blut haben würde. Dahinter bleiben vorläufig die Instrumente bedeutend zurück. Trotzdem aber lässt

sich die Geschwindigkeit und damit auch der Blutdruck sehr steigern. So wurde z. B. an einem kleinen Hunde, der 150 mm Hg Blutdruck (mit dem gewöhnlichen Quecksilbermanometer gemessen) in der einen Carotis hatte, in der Thyreoidea der anderen Seite (ebenfalls mit dem Quecksilbermanometer gemessen) der Blutdruck auf 280 mm gebracht als der Haemomotor auf die entsprechende Carotis gesetzt wurde.

Mit Hülfe eines solchen Instrumentes kann man also z. B. durch ein drüsiges Organ oder einen anderen speciellen Körpertheil, wie eine Muskelgruppe, das Gehirn u. s. w. das Blut mit vermehrter Geschwindigkeit treiben, auch andererseits durch Aufsetzen dreier derartiger Instrumente auf die beiden A. carot. und die Bauchaorta, das Herz von einem grossen Theil seiner Arbeit entlasten.

Lässt man aber das Instrument mit constanter Geschwindigkeit arbeiten und zieht man überdies den sehr geringen Einfluss der Herzthätigkeit auf die Wirkung des Instrumentes in Rechnung, so gelingt es eine Curve der peripheren (accessorischen) Widerstände in dem betreffenden Gefässgebiet zu erhalten. Denn der Blutdruck unterhalb (im Sinne des Blutstroms) des Instrumentes gemessen ist dann nur von den accessorischen Widerständen abhängig.

Die Blutdruckcurve oberhalb des gleichmässig wirkenden Instrumentes repräsentirt die Curve der Herzthätigkeit.

Eine Zusammenstellung dieser beiden Curven, also der des accessorischen Widerstandes und der der Herzthätigkeit, ergiebt eine Curve des Blutdruckes und eine der Blutgeschwindigkeit.

Letztere kann man für eine einmalige Bestimmung auch so erhalten, dass man dem Haemomotor diejenige Drehungsgeschwindigkeit giebt, die nothwendig ist, um unterhalb desselben den ursprünglich beobachteten Blutdruck wieder zu erhalten und dann an der herausgeschnittenen Arterie die Leistung des Instrumentes bei der gefundenen Geschwindigkeit misst.

Um den Druck in den Arterien ohne Verletzung derselben zu messen, kommen Pelotten zur Verwendung, welche bei der geringsten Erhebung oder Senkung je nachdem einen besonderen elektrischen Contact auslösen. Nur innerhalb dieser kleinen Grenze ist die Pelotte beweglich. Die Contacte bewirken auf elektro magnetischem Wege die Ausschaltung zweier Hemmungen, die dem α- und dem β-Rade eines Planetenradsystems angelegt sind. Nicht gehemmt bewegen sich die beiden Räder in demselben Sinne und bewirken daher, einzeln durch die Contacte der Pelotte in Bewegung gesetzt, eine Rechts- bez. Linksdrehung des γ-Rades. Da nun an die Pelotte eine lange Spiralfeder angreift, die entsprechend der Drehungsrichtung des γ-Rades stärker oder schwächer gespannt wird, die Drehungsrichtung aber von den Contacten abhängt und diese wieder durch den Blutdruck in der Arterie bestimmt werden, so wird die Pelotte stets dem Blutdruck entsprechend belastet und diese verschiedenen Belastungen werden als Längen der Spiralfeder graphisch dargestellt.

Der Vortragende setzt darauf einen Haemomotor in Thätigkeit, der auf einen Gummischlauch wirkt. Am Ende des letzteren befindet sich eine aufwärts gebogene und in eine Capillare ausgezogene Glasröhre. Während ursprünglich der Wasserstrahl aus der Capillare nur wenige Millimeter hoch spritzt, erreicht er bei schneller Rotation des Haemomotors eine Höhe von mehreren Metern.

VIII. Sitzung am 13. Januar 1882.

Hr. E. DU BOIS-REYMOND erstattete einen vorläufigen Bericht über die von Prof. Fritsch in Aegypten angestellten neuen Untersuchungen an elektrischen Fischen (s. oben S. 61).

IX. Sitzung am 27. Januar 1882.[1]

1. Hr. Cand. med. FLIESS hält als Gast seinen angekündigten Vortrag: „Ueber die Wirkung des Piperidins und des Coniins.“

Der Vortragende hat auf Anregung und unter Leitung des Hrn. H. Kronecker in der speciell-physiologischen Abtheilung des hiesigen physiologischen Instituts die Wirkung der genannten Gifte auf den thierischen Organismus untersucht. Auf Wunsch des Hrn. A. W. Hofmann hat Hr. H. Kronecker bereits früher einige vergleichende Versuche über das toxikologische Verhalten von Piperidin und Coniin angestellt und gefunden,[2] dass hierin zwischen diesen beiden Giften, ein bemerkenswerther Parallelismus besteht (wie ein solcher auch in Hinsicht ihres chemischen Verhaltens existirt), insofern beide Substanzen Nerven-Gifte sind und lähmend wirken. Nur lähmt Piperidin wesentlich die sensible, Coniin (dem Curare ähnlich) die motorische Sphäre.

Der Vortragende hat diesen Parallelismus weiter verfolgt. Die Ergebnisse seiner Untersuchung sind kurz diese:

I. Piperidin.[3]

In mittleren Dosen ($0 \cdot 01^{\text{grm}}$) hebt es bei Fröschen (Sommerfröschen) nach circa 10 Minuten die Reflexerregbarkeit auf. Bei Quarrfröschen schwindet momentan nach der Injection von Piperidin der Quarrreflex.

Die Reflexzeit wird durch kleine Dosen (0.001^{grm}) zunächst sehr verlängert, dann kehrt sie bald wieder zur Norm zurück.

Die Hemmungsorgane im Grosshirn lähmt Piperidin nicht.

Ueberhaupt werden durch Piperidin nervöse Centralorgane nicht gelähmt.

Ebensowenig wird der Nervenstamm durch Piperidin irgendwie afficirt. Die Lähmung betrifft vielmehr lediglich die peripherischen Endausbreitungen der sensiblen Nerven.

Auf die Athmung wirkt Piperidin in mässigen Dosen so ein, dass dieselbe (bei Fröschen) minutenlang sistirt wird.

Die Pulsfrequenz sinkt schon nach kleinen Piperidin-Dosen auf etwa zwei Drittel der normalen Zahl.

---

[1] Ausgegeben am 17. Februar 1882.

[2] *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft.* XIV, 6. S. 712.

[3] Buchheim hatte bei einer früheren Untersuchung (*Archiv für experimentelle Pharmacol.* u. s. w. 1876. Bd. V. S. 460.) keine besondere Wirksamkeit des Piperidins festzustellen vermocht.

Direct durch das Herz geleitet, hob Piperidin zwar die Schlagfolge gänzlich auf; indessen wurde die Muskelsubstanz dabei nicht geschädigt.

Bei Warmblütern soll die Wirkung dieses Giftes noch näher studirt werden. Jedoch sei bemerkt, dass auch bei ihnen die Reflexerregbarkeit durch Piperidin herabgesetzt wird, und dass insbesondere der Patellarreflex nach Piperidininjection bald schwindet.

II. Coniin.

Dasselbe lähmt zunächst die peripherischen Endigungen der motorischen Nerven, später auch das Centrum.

Es scheint anfänglich eine Erregung der Hemmungsapparate des Grosshirns herbeizuführen.

Die Krämpfe, welche bei Warmblütern nach Coniin auftreten, bleiben beim Frosche aus. Dies rührt nicht von der prompten Lähmung der peripherischen Endigungen der motorischen Nerven her, denn die Krämpfe fehlen auch in dem von der Giftcirculation abgesperrten Schenkel.

Die Athemfrequenz wird durch Coniin zunächst erhöht, dann fällt sie.

Die Pulsfrequenz nimmt schon nach kleinen Dosen sofort ab.

Direct durchs Herz geleitet schädigt Coniin, sowenig wie Piperidin, die Muskelsubstanz.

2. Hr. CHRISTIANI hält einen durch Experimente erläuterten Vortrag: „Ueber den Durchgang von Luft durch poröse Körper bei minimalen Druckunterschieden.“

Dass poröse Körper, anorganische, wie organische, bei höheren Druckunterschieden für Gase durchgängig sind, ist eine Jedermann geläufige, wenn auch häufig mehr dogmatisch als experimentell überkommene Thatsache. Völlig neu dagegen ist meines Wissens die Erkenntniss, dass für gewisse Körper diejenigen Druckkräfte verschwindend klein sind, welche eben noch hinreichen, in verschwindend kleiner Zeit Luft durch sie hindurchtreten zu lassen, obgleich die betreffenden Mittel bei Weitem weniger porös erscheinen, als andere, durch welche, paradoxer Weise gerade im Gegentheil, nur vermittelst verhältnissmässig ausserordentlich grosser Drucke Luft hindurchgepresst werden kann. In dieser Hinsicht gewährt das von mir[1] beschriebene „Poroskop“ bei der Untersuchung einer grösseren Reihe von Substanzen ebenso überraschende wie lehrreiche Aufschlüsse. Von dem zu untersuchenden Materiale werden, wo es angeht, Cylinder von drei Centimeter Länge und drei Quadratcentimeter Querschnitt (anderenfalls Scheiben von demselben Querschnitte) gebildet und in den, in der Mitte einen ringförmigen Schild tragenden Messingcylinder (*CC* in Fig. 1) luftdicht so eingekittet, dass nur die Endquerschnitte (*QQ*) der porösen Substanz frei bleiben. Das „Kapselporoskop“[2] besteht aus einem solchen mit zwei Verschlusskapseln versehenen Messingcylinder und einem darin eingekitteten porösen, z. B.

---

[1] In den *Verhandlungen der physikalischen Gesellschaft in Berlin.* 1882. Nr. 1. S. 10 ff.

[2] Die Poroskope werden nach meinen Angaben von dem Mechaniker des Berliner physiologischen Institutes, Hrn. Pfeil, angefertigt.

aus Rothbuchenholz verfertigten, Cylinder. Beim Aufsetzen der beiden Kapseln, und bei der Hin- und Herbewegung der einen von ihnen, folgt die andere Kapsel so treu mit, dass es den Anschein hat, als bewege sich der Messingcylinder durch die ringförmige Scheidewand. Eine dritte Kapsel ist mit einem Stöpselverschluss versehen und fungirt wie die anderen beiden; wird jedoch der Stöpsel aus derselben entfernt, so ist von dem Mitbewegungsphänomen keine Spur mehr vorhanden.

Eine zweite Art von Poroskopen bilden die „Manometerporoskope" (Fig. 2.) Sie dienen namentlich feineren Beobachtungen aber auch Demonstrationszwecken und für letztere genügt es oft die porösen Cylinder so, wie sie sind,

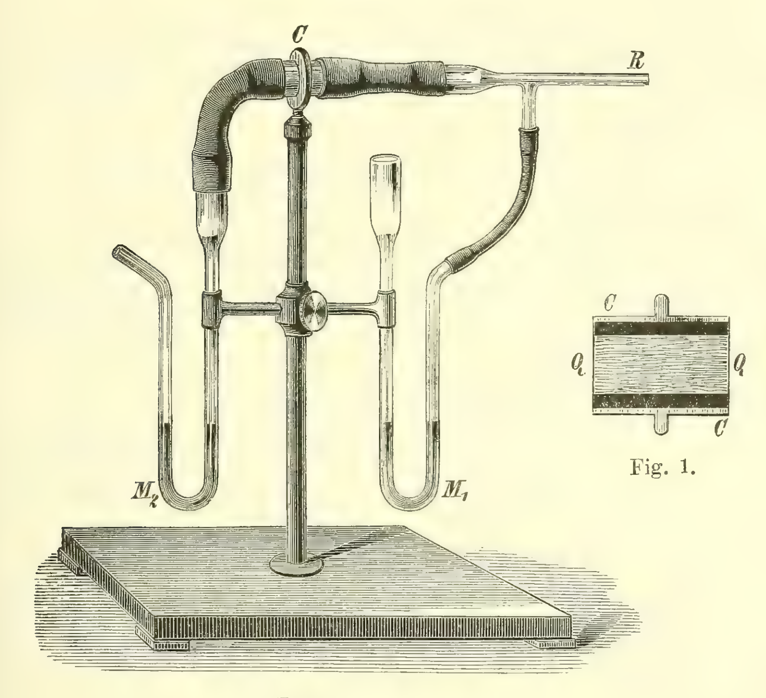


Fig. 1.

Fig. 2.

ohne Messungfassung in Anwendung zu bringen. Diese unmittelbare Einfügung der porösen Substanzen ist bemerkenswerther Weise möglich und zulässig, wenn es sich um einen parallel der Längsfasser geschnittenen Buchsbaumcylinder handelt, oder, wenn die Cylinder aus Zweigen von der entsprechenden Dicke anderer ganz frischer Hölzer unter sorgfältiger Schonung der Rinde entnommen werden. In den Manometerporoskopen werden die Enden der Cylinder durch Kautschuckschläuche (bei feineren Untersuchungen durch Bleiröhren) mit dem druckzuführenden Rohre (R) nur mit zwei Manometern (M_1 und M_2) in Verbindung gesetzt. Die Manometer enthalten, je nach Umständen, Quecksilber oder Wasser

als Sperrflüssigkeit. Mit Wasser als Sperrflüssigkeit wird das Poroskop so empfindlich, dass schon ein ganz leicht verstärktes Athmen bei offenem Munde in der Nähe der freien Mündung des Druckrohres R die Kuppen im Manometer M_2 in merklichen Ausschlägen mitschwanken lässt, wenn in den Kautschuckschläuchen (bei C) ein Längscylinder aus Buchsbaumholz [1] eingeschaltet ist. Die Mitbewegung der Kapsel am Kapselporoskope und der Sperrflüssigkeit im Manometer M_2 des Manometerporoskopes ist übrigens, wie vorauszusehen war, eine aperiodische.

Nach meinen bisherigen Beobachtungen am Manometerporoskope lassen sich bezüglich der Leichtigkeit des Luftdurchtrittes unter Druck für's Erste drei Arten von Körpern unterscheiden, nämlich:

α) äusserst leicht, β) weniger leicht, γ) sehr schwer durchgängige Körper.

Bedeutet $\varDelta$ den in M_1 beobachteten, eventuell in Quecksilber abgelesenen, aber auf Wasser als Sperrflüssigkeit umgerechneten Ueberdruck, der stattfindet, wenn in M_2 eben wahrnehmbare Aenderungen des Kuppenstandes eintreten, so findet sich in erster Annäherung:

$$\varDelta_\alpha < 0\cdot005 \text{ Meter}; \quad \varDelta_\beta < 0\cdot05 \text{ Meter}; \quad \varDelta_\gamma > 0\cdot5 \text{ Meter};$$

für folgende Substanzen:

α) Verschiedene Lederarten (Schafleder, Ziegenleder, Rindleder u. s. w.); [2] Hölzer in Längscylindern: 1) alte, trockene: Buchsbaum und Rothbuche, 2) ganz frische: [3] Eiche (Kaukasische Eiche, Q. pedunculata, sessiliflora, bicolor); Ulme (U. coryllifolia); Buche; Pappel (P. monilifera); Weide (S. fragilis); Elaeagnus.

β) Dichter Mauerstein (Klinker); Längscylinder von frischen Linden- und Hollunderzweigen und von Fichtenholzkohle.

γ) Thonzellen galvanischer Elemente (noch unbenutzte); Elfenbein; Kork; alte und frische Nadelhölzer: (Pinus silvestris, strobus; Picea excelsa; Taxodium); trockenes Hollundermark; altes trockenes Eichenholz aus der Werkstatt; der Quere nach dem Holze entnommene Cylinder aus: Buchsbaum, Rothbuche, Fichtenholzkohle.

Die durch die Poroskopie gewonnene Erkenntniss, dass unter Umständen Porenweiten von so niedriger Ordnung, wie solche durch einige der unter α und β genannten Körper dargeboten werden, für minimale Drucke der Luft Durchtritt gewähren, ist offenbar nicht nur für die pflanzliche, sondern auch für die animale Physiologie, für die Lehren von der Respiration, Perspiration, vom Gaswechsel unter Druck überhaupt, von dem grössten Interesse. Mit dieser Erkenntniss wird vieles bisher unverständlich Gebliebene klar werden. So wird, um nur ein solches Beispiel hier anzuführen, verständlich, woher die durch Tracheenkiemen im Wasser athmenden Libellenlarven die Kraft gewinnen, die Gase durch die äusserst feinen Poren ihrer Schwanzanhänge treten zu lassen. Ein sehr geringer negativer Druck, wie er im Leibe durch den Stoffwechsel

[1] Oder eine andere der unten unter α verzeichneten Substanzen.

[2] Menschliche Haut, namentlich im möglichst frischen Zustande, soll bei nächster sich darbietender Gelegenheit untersucht werden.

[3] Hr. Dr. Kurtz hatte die Güte, mir solche aus dem botanischen Garten zu verschaffen.

während des Lebens wohl fortwährend erzeugt wird, genügt hier eben der äusseren Luft den Eintritt in die Porencanälchen zu verschaffen. Der hypothetischen Forderung, die ich mir bei dieser Betrachtung stellte, dass diese Porencanälchen der so im Wasser athmenden Thiere zum Schutze vor Durchnässung mit Fett bekleidet sein müssten, wird, wie mir Hr. Dr. Brandt auf meine Frage mittheilte, sehr gut Rechnung getragen, indem in der That die Chitingebilde durchweg mit einer feinen Fettschicht überzogen sind.

X. Sitzung am 10. Februar 1882.[1]

1. Hr. HIRSCHBERG hält den angekündigten Vortrag: Zur vergleichenden Ophthalmoscopie. (S. oben S. 81.)

2. Hr. N. ZUNTZ hält den angekündigten Vortrag: Ueber den Stoffwechsel fiebernder Thiere."

Während die Erhöhung der Kohlensäureausscheidung im Fieber heute wohl über alle Zweifel festgestellt ist, liegen über die Sauerstoffaufnahme nur spärliche, zum Theil nach unzuverlässigen Methoden gewonnene Daten vor. — Streitig ist die zeitliche Beziehung der gesteigerten CO_2 Ausscheidung zur Temperaturerhöhung, sodass man nicht weiss, ob man die erstere als Ursache der letzteren auffassen darf. Es ist ferner bekannt, dass Erhöhung der Eigenwärme an und für sich den Gaswechsel erheblich steigert, für die Theorie des Fiebers muss demgemäss ermittelt werden, inwieweit der erhöhte Stoffwechsel fiebernder Thiere nur Folge der erhöhten Eigenwärme ist, wie weit er unabhängig von letzterer besteht.

Stud. med. Albert Lilienfeld hat in meinem Laboratorium Versuche angestellt, welche zur Lösung der eben aufgestellten Fragen beitragen sollen. — Um die Schwankungen des Gaswechsels innerhalb kurzer Zeitperioden beobachten zu können, wurde an tracheotomirten Thieren mit Hülfe des von mir und Röhrig früher beschriebenen Apparates gearbeitet. Die Beschreibung der ziemlich erheblichen Abänderungen, welche der Apparat erfahren hat, wird L. später geben. Den Dimensionen des Apparates entsprechend dienten nur Kaninchen als Versuchsthiere. Dieselben befanden sich theils frei in einem passenden, ausgiebigere Bewegungen des Halses und damit Zerrungen der Trachealcanüle hindernden Kasten, theils waren sie aufgebunden und in ein Bad versenkt, dessen genau zu regelnde Temperatur die Eigenwärme des Thieres zu beherrschen gestattete. — Das Fieber wurde meist durch subcutane Injection von Heujauche erzielt. In gelungenen Fällen war schon eine halbe Stunde danach die Temperatur um ca. $0 \cdot 5^0$ C. erhöht.

Sauerstoffaufnahme und CO_2 Ausscheidung sind oft schon $^1/_4$ Stunde nach der Einspritzung beträchtlich und beide Werthe in annähernd gleichem Maasse gesteigert. Es bleibt auch im weiteren Verlaufe des Fiebers der respiratorische Quotient unverändert. Die grösste Zunahme des Gas-

---

[1] Mitausgegeben am 17. Februar 1882.

wechsels betrug 71% des Mittelwerths vor dem Fieber. — Die fieberhafte Steigerung des Gaswechsels tritt ein und besteht fort, auch wenn man die Körpertemperatur durch das warme Bad auf der vor dem Fieber bestandenen Höhe erhält. — Beim fiebernden Thier muss ferner die Differenz zwischen seiner eigenen und der Wasserwärme erheblich grösser sein als beim fieberlosen, wenn die Körpertemperatur constant bleiben soll.

Als Beispiel des Verhaltens eines fiebernden, künstlich auf Normaltemperatur erhaltenen Thieres führe ich einige Zahlen aus dem Versuch vom 14. Jan. 1882 an: Die Gasvolumina sind auf 0^0 und 76 ^{cm} Druck reducirt und beziehen sich auf 1 Kilo Thier und 1 Stunde Zeit. Vor dem Fieber wurden $2^1/_2$ Stunden lang der Gaswechsel des im warmen Bad befindlichen Thieres beobachtet:

	Sauerstoff.	Kohlensäure.	Resp. Quotient.	Thiertemperatur.	Differenz zwischen Thier- und Wassertemperatur.
Im Mittel vor dem Fieber	528·5	390·1	0.74	39·16	1·6
In der 1. Viertelstunde nach der Injection.	526·1	385·0	0·73	39·2	1·7
In der 2. Viertelstunde	567·6	422·8	0·75	39.2	1·7
„ „ 3. „	553·3	415.0	0.75	39·2	1·8
„ „ 4. „	578·7	423·4	0·73	39·3	2·0

Der Gasaustausch steigt dann mit der Dauer des Fiebers, um etwa 4 Stunden nach der Injection seine höchsten Werthe zn erreichen;

	Sauerstoff.	Kohlensäure.	Resp. Quotient.	Thiertemperatur.	Differenz zwischen Thier- und Wassertemperatur.
In der 14. Viertelstunde	889·2	654·5	0·74	39·2	3·6
„ „ 16. „	875·0	659·9	0.75	39·1	3·9
„ „ 18. „	898.7	693.1	0.77	39.1	4·1
„ „ 20. „	902·8	669.9	0·74	38.9	4.6
„ „ 21. „	889·6	683·4	0.76	38.7	4·7
Im Mittel während des Fiebers	720·5	528·6	0·73	39·1	2·9

3. Hr. Stud. med. ZEDERBAUM (aus Russland) theilte als Gast die Resultate einer Versuchsreihe mit, welche er während der verflossenen Monate in der speciell-physiologischen Abtheilung des hiesigen Physiologischen Instituts unter der Leitung des Hrn. H. Kronecker angestellt hatte.

Um den Einfluss der Dehnung der Nerven auf die Erregbarkeit derselben zu prüfen, erschien es wichtig, zuvörderst die Wirkung des Druckes auf den Nerven zu studiren, weil der normal zur Axe ausgeübte Druck

direct auf das Mark und den Axencylinder sich fortsetzt, während bei blosser Dehnung ein unbekannter Antheil der Kräfte vom gespannten Neurilem aufgehoben wird.

Die meisten Versuche wurden am Nerv. ischiadicus des Froschschenkelpräparates angestellt. Diejenigen, welche die gleichmässigsten Resultate ergaben, erfolgten in der Continuität. Nahe der Kniekehle drückte eine Pelotte von Hartgummi den Nerven in einer Strecke von 9 mm. Oberhalb des Beckens wurde der Plexus sacralis mit einfachen Oeffnungs-Inductionsströmen gereizt und diejenige Stromstärke durch Verschiebung der secundären Rolle des du Bois-Reymond'schen Schlitten-Inductorium aufgesucht, welche eine gerade noch merkliche Zuckung an der Wadenmuskelgruppe ergab. Darauf wurde die Platte mit Gewichten belastet und wiederum die Erregbarkeit geprüft. Endlich wurde die Belastung wieder aufgehoben und der dritte Werth des Minimalreizes mit dem ohne Belastung gewonnenen verglichen. Es fand sich, dass die dauernde Veränderung der Erregbarkeit, welche durch den $^1/_2$ Min. lang fortgesetzen Druck herbeigeführt wurde, nicht störend die Versuche beeinträchtigte, sodass eine grössere Reihe von Wechseln der Belastung mit ziemlich constantem Erfolge vorgenommen werden konnte. Zu erwähnen ist, dass während solcher Versuchsreihe im Verlaufe mehrerer Stunden die Erregbarkeit continuirlich stieg, bis sie kurz vor dem Absterben plötzlich sank. Es ergab sich im Wesentlichen, dass die Erregbarkeit der Nerven für Ströme, die centralwärts von der gedrückten Stelle einwirken, mit der Belastung anfänglich etwas sinkt, von einer gewissen Schwere ab wächst, dass über die günstigste Belastung hinaus vermehrter Druck die Erregbarkeit mindert. Die Versuche zur Bestimmung dieses günstigsten Druckmaximum sind noch nicht abgeschlossen, doch ist aus den drei angefügten Tabellen wohl zu erkennen, dass (in der gegenwärtigen Jahreszeit), bei aufbewahrten Fröschen, ein Druck von 500 grm auf der gesammten Nervenbreite, in einer Länge von 9 mm lastend, das Maximum der Erregbarkeit erhält. Wenn der Druck um 50 grm gesteigert wird, so ist bereits eine Abnahme der Erregbarkeit merklich, ebenso wenn er um 50 grm verringert wird. Die Differenzen in der Erregbarkeit wachsen mit der Grösse der Druckunterschiede. Analoge Resultate waren am gewöhnlich lospräparirten N. ischiadicus zu constatiren, doch nahm die Erregbarkeit in bekannter Weise nach der Durchschneidung zu; darauf folgte ein Absterben des Nerven, welches vergleichbare Versuche sehr erschwerte. Es sind deshalb die genaueren Bestimmungen der günstigsten Druckwerthe nur am unversehrten Nerv angestellt worden.

Bestimmung der Minimalreize bei verschiedener Belastung des Ischiadicus

Tabelle I.

Zahl der Versuche.	Belastung 0 Mittlerer Rollen-Abstand.	Belastung 60 grm. Mittlerer Rollen-Abstand.	Belastung 75 grm. Mittlerer Rollen-Abstand.
0—4	51·1	50·9	51·3
4—8	47·8	46·8	47·8
8—12	41·5	41·3	41·8
Mittel:	46·8	46·3	46·9

Tabelle II.

Zahl der Versuche.	Belastung 0 Mittlerer Rollen-Abstand.	Belastung 300 grm. Mittlerer Rollen-Abstand.	Belastung 900 grm. Mittlerer Rollen-Abstand.
0—7	37·5	39·7	37·8
7—14	38.5	39·1	38·9
14—21	12·8	13·5	13·0
Mittel:	29·6	30·7	29·9

Tabelle III.

Zahl der Versuche.	Belastung 0 Mittlerer Rollen-Abstand.	Belastung 450 mm. Mittlerer Rollen-Abstand.	Belastung 500 grm. Mittlerer Rollen-Abstand.	Belastung 550 grm. Mittlerer Rollen-Abstand.
0—6	36·6	38·5	38.9	37·5
6—12	36·8	37·0	38·2	36·8
12—18	19·1	20·6	22·5	19·8
Mittel:	30·8	32·0	33·2	31·3

XI. Sitzung am 24. Februar 1882.[1]

1. Hr. Lewinski spricht: „Ueber Hautfurchen und Hautpapillen".

Die auf der ganzen äusseren Fläche der menschlichen Haut sichtbaren zahlreichen kleinen scheinbar unregelmässigen Furchen und Linien haben, wie bereits O Simon gefunden, typische Richtungen und wiederholen sich an derselben Körperstelle bei den verschiedenen Individuen in ganz bestimmter Anordnung. Sie entstehen in zweierlei Weise: 1) durch Faltung der Haut, wenn diese zusammengeschoben wird (so bilden sich z. B. auf der Rückenfläche der Finger Querfalten und Querfurchen, wenn sie aus der gebeugten in die gestreckte Stellung gebracht werden); und 2) durch Spannung, indem die Theile, welche neben der gespannten Partie liegen, derselben genähert werden und so, auf einen kleinen Raum zusammengedrängt, sich in Falten legen, die in der Richtung der Spannungslinie verlaufen. Im Grunde genommen kommen also die sub 1 und 2 genannten beiden Momente auf dasselbe hinaus; d. h. es entstehen Falten und Furchen immmer nur dann, wenn ein grösseres Stück Haut auf einen kleineren Raum gebracht wird.

[1] Ausgegeben am 1. März 1882.

Dies steht nun nicht im Einklange mit der bekannten Thatsache, dass die Haut elastisch ist. Indess ist der Widerspruch nur ein scheinbarer; denn wenn man bei durchschnittener Haut Falten erzeugt, so erkennt man schon makroskopisch, aber noch sicherer bei mikroskopischer Untersuchung, dass dieselben nur die Epidermis und die oberste Schicht der Cutis betreffen, dass dagegen der grösste übrige Theil der Cutis, demnach die Haut in ihrer grössten Dicke sich contrahirt und ihre untere Fläche immer glatt bleibt.

Ganz dasselbe geschieht aber noch unter folgenden Bedingungen: 1) Macht man einen Schnitt durch die Haut, so contrahiren sich bekanntlich die Schnittränder: aber in ihrer Nähe werden die vorhandenen seichten Furchen vertieft und die zwischen denselben liegenden Falten erhöht und verschmälert: die Oberfläche der Haut sieht dann wie gerunzelt aus. 2) Excidirt man ein Hautstück, so verkleinert sich dasselbe durch Retraction, gleichzeitig wird die Oberfläche *in toto* durch Erhöhung der Falten runzelig, während die untere Seite glatt bleibt. 3) Legt man ein Stück Haut in absoluten Alkohol, so schrumpft dasselbe stark. Die Oberfläche zeigt nun sehr hohe schmale Falten und tiefe Furchen, die untere Seite bleibt glatt. 4) Bei gewissen chronischen Krankheiten (chronischem Ekzem, Prurigo u. a.) ist die Haut verdickt, liegt den unterliegenden Gebilden brettartig fest an und lässt sich nicht oder nur sehr schwer in Falten abheben. Hier sieht man neben diesen Erscheinungen von Schrumpfung die Furchen abnorm vertieft und die zwischen ihnen liegenden Falten bedeutend erhöht.

Aus dem Angegebenen folgt, dass überall wo die Cutis sich aus gleichviel welchen Ursachen retrahirt, ihre Oberfläche mitsammt der Epidermis sich in Falten legt, welche dem Retractionsgrade entsprechend hoch sind, und zwischen denen entsprechend tiefe Furchen sich befinden. Es wird dadurch veranlasst, dass die elastische Cutis während ihrer Verkürzung der unelastischen Epidermis die Oberfläche für deren Insertion unverändert darbietet. Wäre dies nicht der Fall, so müsste die Oberhaut bei den Körperbewegungen ebenso häufig einreissen, wie die Krusten, die bei gewissen Krankheiten auf der Haut entstehen und bei denen sich auf diese Weise die durch Schmerzhaftigkeit bekannten Rhagaden bilden.

Wie aber mit zunehmender Retraction der Cutis die Falten an der Oberfläche der Haut immer mehr erhöht und die zwischen ihnen liegenden Furchen dementsprechend vertieft werden, so muss das Umgekehrte eintreten, d. h. die Haut muss glatt erscheinen; wenn die Cutis nach allen Richtungen hin gleichmässig stark gespannt wird. In der That ist es nicht schwer auf diese Weise die Falten und Furchen gänzlich zum Verschwinden zu bringen: doch ist es gut, wenn man zu diesen Untersuchungen weiche, zarte, dehnbare Haut, am besten von den Leichen nicht alter weiblicher Individuen, verwerthet. Je straffer und weniger dehnbar die Haut ist, um so weniger vollkommen gelingt die Glättung ihrer Oberfläche. Als ich nun aber so präparirte Haut mikroskopisch untersuchte, zeigte sich die interessante Thatsache, dass auch die Papillen vollkommen geschwunden waren. Die Grenze zwischen Cutis und Epidermis erschien wie eine gerade Linie; im oberen Theile des Coriums konnte ich dabei bisweilen die gestreckte Gefässschlinge erkennen. Um jede etwaige Zufälligkeit auszuschliessen, habe ich eine grosse Reihe von Untersuchungen an verschiedenen Körperstellen und verschiedenen Leichen gemacht. Ich nahm dabei immer zwei gleich grosse Stücke Haut von den correspondirenden Stellen beider Körperhälften,

und behandelte sie beide vollkommen identisch, nur dass das eine Stück nach allen Richtungen hin gleichmässig gespannt war, das andere nicht. Die Versuche gelangen am besten dort, wo es möglich war die Furchen und Falten der Haut gänzlich zu glätten. Auf die Modificationen, welche durch die Verschiedenheiten der zur Untersuchung benutzten Körperstellen und Leichen bedingt sind, sowie auf einzelne sich daran knüpfende Fragen werde ich gelegentlich zurückkommen.

Aus dem Angeführten schliesse ich, dass die Papillen dieselbe Bedeutung haben wie die Falten der Haut, d. h. dass sie dazu dienen, um bei dem wechselnden Umfang der Cutis immer die gleich grosse Oberfäche für die Insertion der Epidermis zu ermöglichen. Daher erklärt sich ihr Kleinerwerden bez. Verschwinden bei Spannung der Haut (s. B. bei den Graviditätsnarben), oder bei Druck von oben (wie ich das bei stark gespannten innerhalb der Epidermis liegenden Cysten gesehen habe); daher ihre Hypertrophie bei allen mit Schrumpfung verbundenen Krankheiten der Haut (wie beim chronischen Ekzem, Prurigo u. a.)

Die Untersuchungen sind im pathologischen Institut der hiesigen Universität gemacht.

2. Hr. Schöler hält seinen angekündigten Vortrag über das Fluoresceïn in seiner Bedeutung für Erforschung des Flüssigkeitswechsels im Auge. Die experimentellen Studien für denselben hat er in Gemeinschaft mit seinem Assistenten Hrn. Dr. Uhlhoff ausgeführt. Das Verdienst, diese Substanz zu Thierversuchen zuerst benutzt zu haben, gebührt Hrn. Dr. Ehrlich (s. *Deutsche Med. Wochenschrift.* Nr. 2 ff. 1882) und ihm verdanken die HH. Schöler und Uhlhoff die Anregung am Auge Studien mit demselben vorzunehmen.

Das vom Hrn. Collegen Dr. Ehrlich ihnen überlassene Präparat ist als Uranin von der badischen Anilin- und Sodafabrik in den Handel gebracht. „Es soll eine Ammoniakverbindung des Fluoresceïns darstellen, ist im Wasser leicht löslich; die verwandte Lösung enthält auf 250 ^{grm} Wasser 50 ^{grm} Uranin. Das Fluoresceïn, im durchfallenden Lichte bei stärkerer Verdünnung farblos, erscheint im reflectirten Lichte, je nach dem Grade der Concentration braun bis grasgrün, bis hellgelblichgrün, ähnlich dem Uranglas. Dasselbe, die Muttersubstanz des allgemein bekannten Eosins, ist von Baeyer entdeckt und wird durch Zusammenschmelzen von Phthalsäure und Resorcin erzeugt. Es ist von schwach saurer Natur und daher im Stande mit Basen sich zu meist leicht löslichen Verbindungen zu vereinigen. Nach Durand und Huguenin ist noch eine Lösung eines Theiles Fluoresceïn's in 2 Millionen Theilen Wasser fluorescent. Ferner muss hinzugefügt werden, dass die betreffende Substanz durchaus unschädlich ist.“ (s. Ehrlich, a. a. O.)

Die zur Untersuchung verwandten Methoden waren:

1) die Injection desselben in den Glaskörper (Knies) oder in die vordere Kammer.

2) Die subcutane Injection desselben (Memorsky, Ulrich, Ehrlich.)

3) Einträufelung desselben in den Conjunctivalsack oder auf die Hornhaut.

Die zu subcutanen Injectionen verwandte Quantität der 20% Fluoresceïnlösung betrug in der Regel 3 ^{Ccm}.

Als Resultate dieser Untersuchungen, welche ausführlicher in dem Jahres-

berichte der Schöler'schen Klinik für das Jahr 1881 mitgetheilt werden sollen, seien hier als wesentlichste folgende erwähnt:

1) Das Fluoresceïn ist eine diffusionsfähige Substanz in dem hier angewandten Lösungsverhältniss (1:5). Es durchdringt alle Schichten der Hornhaut, sowohl vom vorderen Epithel, als von der vorderen Kammer aus.

Ferner dringt dasselbe vom Centrum der Hornhaut, wie vom Conjunctivalsack, bez. Limbus aus in die vordere Kammer ein. Ebenso sieht man dasselbe aus der vorderen Kammer durch den Limbus austreten und sich längs der Conjunctiva weiter verbreiten. Auch bei subcutaner Injection desselben fluoresciren Conjunctiva, Nickhaut, Thränenflüssigkeit, Hornhaut und Sklera.

2) Hintere und vordere Kammer sind durch die Iris unter normalen Verhältnissen nicht von einander abgeschlossen (Grünhagen, Knies, Ulrich, Ehrlich), sondern es findet die Erneuerung der Kammerflüssigkeit stetig aus der hinteren Kammer statt.

Nur unter pathologischen Bedingungen (Atrophie des Ciliarkörpers) findet eine Ernährung der Hornhaut, wie Absonderung des Kammerwassers, vom Limbus her und nicht aus der hinteren Kammer statt.

3) Ein aus dem Glaskörper durch die Zonula oder den Canalis Petiti und die Iris quer hindurch in die vordere Kammer gelangender Flüssigkeitsstrom (Ulrich) existirt nicht.

4) Die vordere Irisfläche ist an der Erneuerung des Kammerwassers nicht betheiligt, sondern es findet die Secretion desselben aus den Gefässen des Ciliarkörpers und der Irisrückfläche (Secretionswinkel) statt. Durch diese Flüssigkeitsströmmung entsteht die Ehrlich'sche Linie stets hinter der Iris am Pupillenrande beginnend.

5) Die Ausscheidung aus dem Secretionswinkel erfolgt nicht zu gleicher Zeit im Gebiete des letzteren überall und ist das Verschwinden oder Nichtauftreten der Ehrlich'schen Linie, wie ihre Gestalt und Richtung bei ihrem Vorhandensein von der Zahl und Lage der an der Secretion betheiligten Gefässe des Secretionswinkels abhängig.

6) Die Flüssigkeitsströmung, welche im Auge besteht, geht vom Secretionswinkel zum grössten Theil längs der Iris durch die Pupille in die vordere Kammer, während zum kleineren Theil ein Flüssigkeitswechsel von demselben aus in die Linse durch den Canalis Petiti und in den Glaskörper erfolgt. Glaskörper und Kammer sind demnach nicht von einander abgeschlossene Räume.

7) Hat das Fluoresceïn vor seiner Ausscheidung das Gefässystem des Auges passirt (subcutane Injection), so ist die Aufnahme desselben in die Linse, wie in den Glaskörper eine nur sehr geringfügige und rasch wieder verschwindende (beobachtetes Maximum der Dauer für den letzteren von vier Stunden.) Hingegen ist bei Injection in die vordere Kammer die Aufnahme desselben in die Linse eine sehr reichliche; bei Injection in den Glaskörper jedoch nur, und zwar dann sehr reichlich, wenn ein Uebertritt desselben in die vordere Kammer zuvor erfolgt war.

Allmählich mit Nachlass der Fluorescenz des Kammerwassers tritt die Linsenfärbung ein, um dann Wochen, ja Monate lang bei sonst fluorescenzfreiem Auge zu bestehen.

8) In der Linse geht die Aufnahme der gefärbten Flüssigkeit von der Corticalis zum Kern, um in gleicher Folge zu verschwinden. Die innersten Kernpartien erreicht die Färbung erst nach 3—4 Wochen.

9) An der Ernährung der Linse ist der Glaskörper unbetheiligt, da trotz intensivster Färbung aller Glaskörperschichten Tage hindurch keine Linsenfärbung auftritt, wenn keine Färbung des Kammerwassers zuvorgegangen war. Das Eintreten letzterer nach Glaskörperinjection begünstigt und erzeugt durch Drucksteigerung im Glaskörper, wie Druckherabsetzung in der vorderen Kammer, erfolgt nicht auf physiologisch präformirten Wegen.

10) Die Eröffnung der vorderen Kammer (Punction, Sklerotomie, Iridektomie) verändert die Flüssigkeitsausscheidung aus dem Secretionswinkel der Quantität wie Qualität nach und beeinflusst dadurch ferner den Stoffwechsel in der Linse, wie im Glaskörper. Die eminente Bedeutung derselben für den Stoffwechsel ist durch die zu beobachtende Geschwindigkeit wie Intensität der gefärbten Ausscheidung unmittelbar ihrer Grösse nach durch obige Versuche zur Anschauung zu bringen.

11) Die Absonderung des Kammerwassers steht unter Nerveneinfluss. Eine Durchschneidung des Halsstranges des Sympathicus mit oder ohne Excision des Gangl. cerv. suprenum beschleunigt den Eintritt der gefärbten Secretion um das Doppelte der normalen Zeitdauer und verändert die ausgeschiedene Flüssigkeit ihrer Qualität nach. Die subcutane Fluoresceïninjection eröffnet uns demnach ein neues diagnostisches Mittel zur Bestimmung bisher nicht diagnosticirbarer Trophoneurosen im Auge. Secretorische und oculopupilläre Fasern des Sympathicus treten in getrennten Wurzeln aus dem Rückenmark aus und giebt es demnach eigene Secretionsnerven für das Auge.

12) Durch Trigeminusdurchtrennung (intercraniell) wird die Secretion des Auges noch stärker beschleunigt, vermehrt und verändert, als durch Sympathicusdurchtrennung im Halsstrange.

Da Durchschneidung von $^3/_4$ seines Stammes im hintersten Abschnitte des Ganglion Gasseri, wenn nur sein medialster Theil erhalten geblieben war, keine Secretionsänderung im Auge bedingt, so verlaufen die secretorischen Fasern desselben für das Auge in diesem medialsten Viertel.

13) In dem Fluoresceïn besitzen wir demnach ein Mittel, welches uns wichtige Aufschlüsse für alle unter Nerveneinfluss erfolgenden Secretionen im Körper verspricht, da durch dasselbe eine Trennung der secretorischen Nerven von den übrigen ermöglicht ist.

3. Hr. N. Zuntz giebt im Anschluss an den Vortrag der vorigen Sitzung und mit Rücksicht auf die Bedeutung, welche diese Frage für den Gegenstand der mitgetheilten Untersuchung hat, eine Kritik der Arbeit von Winternitz: „Ueber die Bedeutung der Hautfunction für die Körpertemperatur und Wärmeregulation“ (*Wiener medicinische Jahrbücher* 1875, Hft. I). Aus jener Arbeit, welche anscheinend allgemein als vollgültig acceptirt wird, würde folgern, dass die Haut ein so bedeutender Regulator der Körpertemperatur sei, dass dagegen die beobachteten Aenderungen der Wärmeproduction zurück-

treten. — Nähere Betrachtung der angewandten Methoden lässt dieselben als so fehlerhaft erkennen, dass sie jede Verwerthung ausschliessen.

Ein doppelwandiges Holzkästchen, welches einen Luftraum von 50 ^{Ccm} einschliesst, wird als Calorimeter auf die Haut applicirt. Aus der Erwärmung der eingeschlossenen Luftmenge wird die von der Haut abgegebene Wärmemenge berechnet. — Dabei nimmt Hr. Winternitz keine Rücksicht darauf, dass ausser der allein in Rechnung genommenen Luft sich in dem Calorimeter noch zwei Quecksilberthermometer befinden, dass ferner auch die Holzwand Wärme aufnimmt und dass diese nicht in Rechnung gezogene Wärmemenge jedenfalls sehr viel grösser ist als die zur Erwärmung der 50 ^{Ccm} Luft aufgewendete. Man sollte demnach erwarten, dass Hr. Winternitz zu kleine Zahlen für die Wärmeabgabe seitens der Haut gefunden hätte. Wenn er trotzdem auffallend grosse findet, so beruht dies auf einem anderen Fehler, der die eben geschilderten compensirt. Er setzt die Wärmecapacität der Luft 700 mal grösser als sie wirklich ist, indem er annimmt, dass die 50 ^{Ccm} Luft seines Calorimeters soviel Wärme aufnehmen, wie dies 50 ^{grm} thun.

Das Gesagte wird genügen, um die Nichtberücksichtigung der Winternitz'schen Arbeit zu rechtfertigen.

Hr. Dr. v. Ott (aus Petersburg) machte als Gast folgende Mittheilung: „Ueber lebenerhaltende Transfusionen mit Pferdeserum", welche er in der speciell-physiologischen Abtheilung des hiesigen physiologischen Instituts mit Beirath von Hrn. H. Kronecker angestellt hat.

Die Versuche am Froschherzen hatten gelehrt, dass weder Kochsalzlösung noch auch irgend eine andere Eiweisslösung als Serumalbumin das Herz leistungsfähig erhalten kann. Da jedoch sehr verdünnte Blutlösungen noch zur Ernährung hinreichen, so wurden schon früher hier Transfusionen mit Kochsalzlösung zur Erhaltung des Lebens nach grossen Blutverlusten an Hunden angestellt.[1] Ich habe nunmehr aber in Uebereinstimmung mit den HH. Kronecker und J. Sander gefunden, dass die Thiere sehr starke Verdünnungen des Blutes durch Kochsalzlösung nicht vertragen. In einem Falle wurden einem Hunde etwa $^{10}/_{11}$ seines Blutes entzogen und statt dessen eine gleiche Menge 0·6 procentiger Kochsalzlösung injicirt. Der Hund entleerte bald blutige Massen aus dem Darme und starb nach etwa 4 Stunden. Da aber Kronecker und Mc' Guire[2] gezeigt hatten, dass Serum die gleiche ernährende Wirkung auf das Herz übt wie Blut, so versuchte ich Serumtransfusionen.

Blutkörperchenfreies Pferdeserum, welches ich der Güte des Hrn. Prof. Dr. Möller verdanke, injicirte ich verbluteten Hunden durch je eine Vena jugularis externa und habe nunmehr merkwürdige Erfolge erzielt.

Die vier Thiere, welche ich der Gesellschaft vorzuführen die Ehre habe, und welche, wie der Augenschein lehrt, ganz munter und voll Appetit sind, waren den aus folgender Tabelle ersichtlichen Operationen unterworfen worden.

---

[1] Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft, in *diesem Archiv*, 1881, S. 471.
[2] Verhandlungen u. s. w., in *diesem Archiv*, 1878, S. 321.

	Aus dem Körpergewicht berechnete Blutmenge. Ccm.	Aderlass	Transfusion von Serum.	Resultirter Blutverlust.	Blutrest.
Kaninchen. 15. II. 82.	118	65	65	65	53 $= \frac{1}{2 \cdot 2}$ des Gesammtblutes.
Hund. 28. I. 82.	407	245	245	245	162
		100	100	40	122 $= \frac{1}{3 \cdot 3}$ des Gesammtblutes.
Hund. 3. II. 82.	549	366	360	360	189
		150	150	52	137 $= \frac{1}{4}$ des Gesammtblutes.
Hund. 17. II. 82.	620	520	520	520	100
		370	370	60	40 $= \frac{1}{15 \cdot 5}$ des Gesammtblutes.

Die Blutkörperchenzählungen im Blut aus grösserer Vene nach Hayem's Methode wurden methodisch durchgeführt und ergaben bei dem letzten Hunde im Durchschnitt auf 1 Feld des Quadratmikrometers:

Vor der Blutentleerung	65·4	Blutkörperchen
1 Tag nach der Verblutung und Seruminjection	1·17	„
3 Tage „ „ „ „ „	1·60	„
5 Tage „ „ „ „ „	2·82	„
7 Tage „ „ „ „ „	4·13	„
10 Tage „ „ „ „ „	13·17	„
13 Tage „ „ „ „ „	17·11	„
16 Tage „ „ „ „ „	24·55	„

Im Urin fand sich am ersten Tage schon kein Eiweiss, aber ziemlich viel Gallenfarbstoff. Der Harn blieb auch in der Folge stets eiweissfrei und war am sechsten Tage auch frei von Gallenfarbstoffen.

Das Thier war anfänglich somnolent und schwach, nahm aber schon am ersten Tage Milch und gewann nach drei Tagen vollen Appetit.

Am zweiten Tage fand Hr. Prof. Hirschberg, welcher die Güte hatte, die Retina des Hundes ophthalmoskopisch zu prüfen: „den Sehnerv extrem blass, alle gröberen Gefässe noch sichtbar, die Venen nicht erheblich verschmälert, mit deutlichen Reflexstreifen, dunkelroth, die Arterien sehr eng, fast fadenförmig."

Die anderen Thiere, welche geringere Blutverluste erlitten, sind längst anscheinend normal; der eine Hund hat sogar an Gewicht 500 ^{grm} gewonnen, nachdem er während dreier Tage nach der Operation etwa 600 ^{grm} verloren hatte, so dass er also von da ab um 1 Kilogr. zugenommen hat.

Über die morphologische und physiologische Bedeutung des Chlorophylls bei Thieren.

Von

Dr. K. Brandt,

Assistenten an der mikroskopischen Abtheilung des physiologischen Instituts der Universität zu Berlin.

(Hierzu Taf. I.)

Einleitung.

Eine scharfe Sonderung der lebenden Wesen in Pflanzen und Thiere ist bekanntlich nicht möglich. Alle Unterscheidungsmerkmale verlieren bei den einfachsten Wesen, den einzelligen Pflanzen und Thieren, ihre Stichhaltigkeit. Auch die durch das Vorkommen bez. Fehlen von Chlorophyll bedingte Grundverschiedenheit in den Ernährungsverhältnissen ist, wie es zur Zeit scheint, nicht als ein durchgreifender Unterschied zwischen den beiden Naturreichen anzusehen. Im allgemeinen besitzen bekanntlich die Pflanzen Chlorophyll, die Thiere dagegen nicht. Nur die mit Chlorophyll oder einem entsprechenden Farbstoff versehenen Organismen, also die Pflanzen, sind im stande, anorganische Materie in organische überzuführen. Pflanzen, die dem Lichte genügend ausgesetzt sind, können in und an ihren Chlorophyllkörpern aus Wasser, Kohlensäure und Ammoniak organische Stoffe, besonders Stärke, erzeugen. Die Thiere dagegen, welche kein Chlorophyll besitzen, können sich nur von organischen Stoffen, die sie direct oder indirect von den Pflanzen beziehen, ernähren. Wenn dieser Unterschied ein durchgreifender wäre, so würde er wohl der bedeutsamste von allen sein. Einerseits aber giebt es Pflanzen, die kein Chlorophyll besitzen, — die Pilze; andererseits ist schon seit langer Zeit eine grössere Anzahl von niederen Thieren bekannt, welche Chlorophyll, und zwar in Form von rundlichen Körnern, enthalten, z. B.

I. Protozoen.

1. Amöben. Amoeba proteus, Dactylosphaera vitreum.

2. Monothalamien. Difflugia pyriformis, Hyalosphenia papilio, Heleopera picta, Arcella artocrea, Cochliopodium pilosum.

3. Heliozoen. Actinosphaerium Eichhornii, Rhaphidiophrys elegans, Rhaphidiophrys viridis, Acanthocystis turfacea, Acanthocystis chaetophora, Heterophrys myriapoda, Chondropus viridis, Sphaerastrum Fockii.

4. Ciliaten. Lacrymaria olor, Phialina vermicularis, Coleps hirtus, Holophrya ovum, Loxedos bursaria, Paramecium bursaria, Cyrtostomum leucas, Nassula elegans, Leucophrys patula, Climacostomum virens, Stentor polymorphus, Stentor igneus, Euplotes patella, Uroleptus piscis, Uroleptus hospes, Urostyla viridis, Vorticella convallaria, Vorticella nebulifera, Ophrydium versatile, Vaginicola crystallina, und andere.

II. Metazoen.

1. Coelenteraten. Spongilla, Hydra.

2. Würmer. Mehrere Planarien des Meeres und des süssen Wassers, z. B. Vortex viridis und Mesostomum viridatum. —

Von den Pilzen wissen wir, dass sie sich wie die chlorophylllosen Thiere durch Aufnahme organischer Stoffe ernähren. Dagegen ist es noch nicht zur Genüge festgestellt, ob die chlorophyllführenden Thiere sich wie die chlorophyllführenden Pflanzen allein durch Verarbeitung anorganischer Stoffe ernähren können, — ob sie, mit anderen Worten, bei gehöriger Belichtung von Wasser und Luft zu leben vermögen. Selbst wenn bei Beantwortung dieser Frage sich herausstellen sollte, dass die grünen Körper der Thiere ihrer Function nach ganz den Chlorophyllkörpern der Pflanzen entsprechen, so ist auch dann noch nicht im geringsten bewiesen, dass es Thiere giebt, die Chlorophyllkörper enthalten. Man hat vielmehr festzustellen, ob die grünen Körper auch in morphologischer Hinsicht mit den Chlorophyllkörpern übereinstimmen.

Ehe aber die Fragen nach der morphologischen und die nach der physiologischen Bedeutung der grünen Körper gelöst werden können, wird man zu untersuchen haben, ob die grünen Körper auch wirklich Chlorophyll enthalten.

Ist der bei Thieren vorkommende grüne Farbstoff echtes Chlorophyll?

Es giebt drei verschiedene Gruppen von Methoden, das Chlorophyll nachzuweisen. Entweder kann man chemische Reagentien verwenden oder spektroskopische Untersuchungen anstellen, oder endlich die Function des

grünen Farbstoffes untersuchen. Alle drei Verfahren sind für die grünen Körper der Thiere von anderen Forschern bereits angewendet. Max Schultze, der zuerst die Identität des grünen Farbstoffes gewisser Thiere mit dem Chlorophyll nachwies, stellte das chemische Verhalten fest; Sorby[2] und Ray Lankaster[2] bedienten sich des Spektroskopes zur Untersuchung eines alkoholischen Farbstoffauszuges von Spongillen oder Hydren und Geddes[3] endlich stellte fest, dass grüne Meeresplanarien im Lichte reichliche Mengen Sauerstoff ausscheiden.

Die Resultate, welche Max Schultze erhielt, sind folgende: „Concentrirte Schwefel- und Salzsäure lösen den Farbstoff von Vortex viridis „mit schön grüner Farbe, welche durch Kochen nicht verändert wird. „Ebenso concentrirte Kalilauge und Ammoniak. Alkohol und Aether neh-„men den Farbstoff ebenfalls in einer der Chlorophylllösung ganz gleichen Farbe „auf. Die alkoholische Lösung entfärbt sich in wenigen Stunden am Son-„nenlicht vollständig. Durch essigsaures Bleioxyd lässt sich aus derselben „der Farbstoff niederschlagen. Chromsäure bleicht die Farbstoffbläschen. „Diese chemische Eigenschaften stimmen genau mit denen des Chlorophylls „überein.“ Bei Hydra viridis und Stentor polymorphus konnte Max Schultze ebenfalls nachweisen, dass Chlorophyll die Ursache der Färbung ist.

Sorby und Ray Lankaster haben das Chlorophyll von Spongilla spektroskopisch untersucht; der erstere fand volle Uebereinstimmung mit pflanzlichem Chlorophyll, der letztere nicht. Dagegen ist nach Ray Lankaster der grüne Farbstoff von Hydra viridis seinem spectroskopischen Verhalten nach echtes Chlorophyll. Wie dieser Widerspruch in den Angaben Ray Lankaster's (bei Hydra echtes Chlorophyll, bei Spongilla nicht) zu erklären sei, vermag ich nicht anzugeben. Aus den unten aufgeführten morphologischen und physiologischen Untersuchungen geht unzweifelhaft hervor, dass die grünen Körper der Thiere im Wesentlichen übereinstimmend sind. Wenn also jetzt für einen Fall Chlorophyll sicher nachgewiesen ist, so gilt das auch für die anderen. Besonders günstig ist die Möglichkeit dieses Schlusses insofern, als bei Infusorien und Rhizopoden spectroskopische und zum Theil auch physiologische Versuche deswegen nicht anzustellen sind, weil man grosse Mengen reinen Materials kaum beschaffen kann.

---

[1] M. Schultze, *Beiträge zur Naturgeschichte der Turbellarien.* Greifswald 1851. S. 16—19.

[2] Citirt von Semper, *Die natürlichen Existenzbedingungen der Thiere.* Leipzig 1880. I. S. 88 u. 89.

[3] Geddes, Sur la fonction de la chlorophylle avec les Planaires vertes. *Comptes rend.* 1878. T. 87, p. 1005. (Auszug davon im „*Naturforscher*“. 1879. S. 116.)

Da nach den vorliegenden Untersuchungen[1] für Spongilla der Besitz von Chlorophyll noch zweifelhaft ist, so bat ich Hrn. Professor Baumann die Untersuchung des grünen Farbstoffes der bei Berlin so häufigen Süsswasserschwämme mit mir zusammen anzustellen. Es zeigte sich zunächst, dass der alkoholische Auszug einer Spongilla schon bei gewöhnlicher Betrachtung einem gleich starken und auf dieselbe Weise hergestellten Auszug eines Grases vollkommen gleich war. Die grüne Farbe und die Fluorescenz war in beiden Fällen übereinstimmend. Auch das Spectrum beider Lösungen erwies sich als durchaus identisch. Bei der Untersuchung beider zeigte sich der charakteristische Absorptionsstreifen im Roth (Pringsheim's[2] Streifen I zwischen B und C). Wir können also die Angaben Sorby's durchaus bestätigen.

Die bereits vorliegenden Resultate von Max Schultze, Sorby und Ray Lankaster, sowie die unten ausgeführten eigenen Untersuchungen und die interessanten Ergebnisse von Geddes, von denen im physiologischen Theil das Nähere mitgetheilt werden wird, zeigen, dass die grünen Thiere echtes Chlorophyll enthalten, wie es bei Pflanzen vorkommt.

I. Die morphologische Bedeutung der grünen Körper.

Es fragt sich nun weiter: Sind die chlorophyllführenden Körper lebende und functionirende Theile der Thiere oder sind sie lebende und functionirende fremde pflanzliche Organismen (Algen) oder endlich sind sie aufgenommene und nicht mehr functionirende Theile von Pflanzen? Jeder dieser drei Fälle ist möglich, der letzte jedoch nur für Protozoen. Alle drei Ansichten, ganz besonders aber die beiden ersten derselben, werden noch jetzt von verschiedenen Forschern vertreten.[3] Durch Untersuchungen ist zu entscheiden, welche die richtige ist. Aus folgenden Beobachtungen geht hervor, dass die dritte der aufgezählten Anschauungen eine irrthümliche ist.

Zunächst ist es auffallend, dass die grünen Körper der Infusorien und Rhizopoden alle von ziemlich derselben Grösse und Gestalt sind. Ausser-

[1] Soweit dieselben von Semper mitgetheilt werden. Die Originalarbeiten kenne ich leider nicht.

[2] N. Pringsheim, Untersuchungen über das Chlorophyll. I. Abtheilung: Ueber die Absorptionsspectra der Chlorophyllfarbstoffe. *Monatsberichte der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin.* October 1874. S. 628.

[3] Auf Grund der nachher anzuführenden Angaben von Max Schultze und Cienkowski spricht Semper (*Die natürlichen Existenzbedingungen der Thiere.* I. S. 90.) die Vermuthung aus, dass die vermeintlichen Chlorophyllkörper Algen seien.

dem findet man sie stets in beträchtlicher Anzahl in jedem Organismus, ohne dass man beim Durchsuchen des Wassers sonst freie Körperchen derart auffinden kann. Wenn die Chlorophyllkörper aufgenommene Nahrungsmassen wären, so müsste man, bei ihrem reichlichen Vorkommen im Thier, sie ausserhalb desselben erst recht finden. Das ist aber keineswegs der Fall. Ferner ist es ja bekannt und leicht durch directe Untersuchung zu bestätigen, dass als Nahrung aufgenommenes Chlorophyll von den Verdauungssäften der Thiere rasch zerstört wird. Selbst bei stundenlanger Beobachtung chlorophyllhaltiger Infusorien sieht man aber nicht die geringste Veränderung an den grünen Körpern derselben. Bringt man, um ganz sicher zu gehen, chlorophyllhaltige Infusorien in etwas Wasser, das sonst ganz frei von chlorophyllhaltigen Organismen ist, und untersucht von Tag zu Tage, so wird man auch hier, wo jede Ergänzung etwa verdauter Chlorophyllkörper von aussen vollkommen ausgeschlossen ist, stets zahlreiche grüne Körperchen in den betreffenden Infusorien finden. Bei manchen Infusorien, z. B. bei Stentor, lässt sich endlich auch mit Bestimmtheit feststellen, dass die grünen Körper gar nicht in der weichen Innenmasse, welche die aufgenommene Nahrung verdaut, sondern in der dichteren Rindenschicht liegen. —

Von den drei oben angegebenen Auffassungen bleiben also nur noch die beiden ersten übrig: Die grünen Körper sind entweder von den Thieren selbst erzeugt und entsprechen ganz den Chlorophyllkörpern der Pflanzen, oder aber sie sind Parasiten. Prüfen wir nun, welche der beiden Meinungen mehr Wahrscheinlichkeit für sich hat, so wird auf Grund folgender Erwägungen der letzteren, nämlich der, dass die grünen Körper Parasiten sind, der Vorzug gegeben werden müssen.

Während bei den Pflanzen die Classe der chlorophyllfreien Pilze morphologisch und physiologisch scharf zu unterscheiden ist von der sonst, namentlich in Bezug auf Entwicklungsgeschichte, verwandten Classe der Algen, sind bei den Thieren die mit Chlorophyll versehenen Formen den chlorophyllfreien morphologisch fast vollkommen gleich. Ja es scheint sogar, als ob sämmtliche Thiere, welche Chlorophyll enthalten, auch chlorophylllos vorkommen. Von Spongilla, den Süsswasserplanarien, mehrere Infusorien (Stentor, Paramecium, Vorticella u. s. w.) und vielen Rhizopoden (Dactylosphaera, Difflugia, Actinosphaerium u. s. w.) weiss man das jetzt schon ganz bestimmt. Auch bei den übrigen Formen wird wohl in kürzester Zeit nachgewiesen werden, dass sie farblos oder grün vorkommen können. Man wird dann auch Abstand nehmen von dem jetzt noch häufigen Brauche, die grünen Exemplare der verschiedenen Species von den ihnen sonst vollkommen gleichen farblosen Exemplaren durch Verleihung besonderer Speciesnamen zu trennen. Bei einem derartigen, mehr zufälligen Vorkommen

von Chlorophyllkörpern ist nicht daran zu denken, dass der Farbstoff vom Thiere selbst erzeugt ist: Die grünen Körper müssen Parasiten sein.

Alle Pflanzen (natürlich mit Ausnahme der Pilze) sind bei gehöriger Belichtung grün. Bei Thieren aber, die auch grün vorkommen, hat die Einwirkung des Lichtes allein keinen Einfluss auf das Auftreten des Chlorophylls. Schon Max Schultze hebt in seinen Planarien-Untersuchungen (a. a. O., S. 17) hervor, „dass unter den intensiv grünen Thieren nicht ganz selten einige gefunden wurden, die des grünen Farbstoffes fast ganz ermangelten, ja hie und da nicht ein einziges Körnchen desselben enthielten.“ Auch diese Thatsache weist darauf hin, dass die grünen Körper nicht den Chlorophyllkörpern der Pflanzen entsprechen.

Zu derselben Ueberzeugung wird man gedrängt, wenn man die Art des Vorkommens von Chlorophyll bei Hydra vergleicht mit dem der gelben Zellen bei Actinien. Die grünen Körper der Hydren finden sich nur in den Entodermzellen vor, ebenso sind auch die, von R. Hertwig[1] als solche entdeckten, gelben Zellen in den Actinien auf die Entodermzellen beschränkt. Nach den von Cienkowski,[2] R. Hertwig[3] und mir[4] aufgeführten Gründen sind die gelben Zellen unzweifelhafte Parasiten. Es ist in hohem Grade wahrscheinlich, dass die bei Hydren unter ganz ähnlichen Verhältnissen vorkommenden grünen Körper ebenfalls Schmarotzer sind.

Noch in einer anderen Hinsicht können, wie dies bereits von Greeff[5] und Schneider[6] geschehen ist, die grünen Körper mit den gelben Zellen in Parallele gebracht werden. Nach den Untersuchungen Häckel's und späterer Forscher sind die gelben Zellen echte Zellen; sie besitzen eine Membran und im Protoplasma einen Zellkern. Schneider und Greeff beschreiben die grünen Körper gewisser Heliozoen ebenfalls als echte Zellen. So giebt Schneider an, dass die Chlorophyllkörper von Acanthocystis von einer Membran umgeben sind und Kern und Kernkörper enthalten (s. u.). Auch Greeff beschreibt bei Chondropus viridis eine die grünen Körper umgebende „feste Kapsel“. Er sowohl als Schneider vergleichen auch die grünen Körper mit den gelben Zellen, aber in einem ganz anderen Sinne, als ich es nachher thun werde. Zu der Zeit, als die Arbeiten von Greeff und Schneider veröffentlicht wurden, galten die gelben Zellen noch als wesent-

[1] R. Hertwig, *Actinien.* 1879.

[2] Cienkowski, Ueber Schwärmerbildung bei Radiolarien. *Archiv für mikroskopische Anatomie.* 1871. Bd. VII.

[3] R. Hertwig, *Organismus der Radiolarien.* 1879. R. Hertwig, *Actinien.* 1879.

[4] K. Brandt, Untersuchungen an Radiolarien. *Monatsberichte der Berliner Akademie.* 1881.

[5] Greeff, *Archiv für mikroskopische Anatomie.* Bd. V u. XI.

[6] Schneider, *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie.* Bd. XXI.

liche Theile des Radiolarienorganismus. Schneider und Greeff bringen gerade deshalb die grünen Körper, die sie für endogene Producte der Rhizopoden halten, in Parallele mit den gelben Zellen. Jetzt ist die parasitäre Natur der gelben Zellen sicher nachgewiesen und es liegt nahe, die grünen Körper nun in einem ganz anderen Sinne, als es früher geschehen konnte, mit ihnen zu vergleichen.

Einer der wichtigsten, durch die Untersuchungen der letzten Jahre festgestellten Sätze bezüglich der Rhizopodenorganisation ist der, dass alle Rhizopoden einzellige (ein- bis vielkernige) Organismen sind und dass alle, etwa in ihnen vorkommenden, individualisirten Zellen als Parasiten anzusehen sind. Ebenso sind zweifellos auch alle in den Gewebszellen höherer Thiere (Hydren, Actinien u. s. w.) vorkommenden individualisirten Zellen (gelbe Zellen und vielleicht auch die grünen Körper) des Schmarotzerthums verdächtig. Sind die grünen Körper wirklich echte Zellen, was durch weitere Untersuchungen zu entscheiden ist, so ist es hiernach sehr wahrscheinlich, dass sie Parasiten sind.

Untersuchungen.

Die wichtigsten Unterschiede von Chlorophyllkörpern und Algen sind folgende:

Chlorophyllkörper.	Algen.
Theile von Zellen.	Selbst Zellen.
Nur Grundsubstanz mit Chlorophyll.	Ausser gefärbten oft auch ungefärbtes Protoplasma vorhanden.
Nie Zellkern.	Stets mindestens ein Zellkern.
Niemals von einer Cellulosemembran umgeben.	Meist von einer Cellulosemembran umgeben.
Selbständiges Leben nicht möglich. Sie gehen schnell unter Quellungserscheinungen zu Grunde, sobald man sie isolirt.	Selbständigen Lebens fähig. Sie leben im isolirten Zustande weiter.

Die Chlorophyllkörper sind also morphologisch und physiologisch abhängige Theile von Elementarorganismen, die Algen dagegen morphologisch und physiologisch selbständige Organismen.

Meines Erachtens wird die morphologische Selbständigkeit eines grünen Körpers schon ausreichend durch den Nachweis eines Zellkerns sicher gestellt und die physiologische Unabhängigkeit durch das Fortleben im isolirten Zustande bewiesen. Der Vollständigkeit wegen erschien es jedoch wünschenswerth auch einige der anderen Fragen zu entscheiden.

Was den Nachweis eines Zellkernes betrifft, so genügt es keineswegs, dass man ein grösseres Korn in der grünen Masse auffindet. Auch in Chlorophyllkörpern kommen ja bekanntlich oft grössere Körner vor, die aber niemals aus Kernsubstanz bestehen, sondern aus Stärke, Fett und dergleichen mehr. Die Kernnatur eines Kornes kann nur dadurch sicher gestellt werden, dass man durch mikrochemische Reactionen Kernsubstanz (Nucleïn) nachweist. Solange man die Kerne nur für „verdichtetes Protoplasma“ hält — wie dies namentlich bei Botanikern noch jetzt üblich ist — ist man allerdings lediglich auf Form- und Structurverhältnisse angewiesen. Da aber diese, besonders bei den niederen Organismen, so überaus verschieden sind und da vor allen Dingen auch vollkommen structurlose Klumpen aus Kernsubstanz als die Kerne gewisser Protozoen (Amoeba princeps, Sphaerozoiden u. s. w.) nachgewiesen sind, so kann man nur dann sicher gehen, wenn man sich gewisser Reagentien, und zwar sowohl der Lösungsmittel als auch der specifischen Färbungsmittel, bedient. Für so kleine Gebilde wie die grünen Körper sind (ihr Durchmesser beträgt höchstens 6 μ) kann man mit den Lösungsmitteln nicht viel anfangen, dagegen führen die Färbungsverfahren zu durchaus sicheren Resultaten. Die Färbung muss nur in der richtigen Weise vorgenommen werden. Entweder kann man sich der Haematoxylinlösung bedienen oder auch des von Flemming festgestellten Verfahrens der Färbung mit Magdalaroth. In beiden Fällen wird aller nur mechanisch anhaftende Farbstoff durch Lösungsmittel wieder entfernt, so dass ganz allein der chemisch gebundene Farbstoff zurückbleibt.

Von zwei Forschern ist bereits angegeben worden, dass grüne Körper Kerne enthalten, nämlich von Max Schultze und von A. Schneider. Dass Schneider den wirklichen Kern gesehen haben sollte, erscheint mir unwahrscheinlich, denn der Kern unterscheidet sich bei der lebenden Zelle so wenig von dem hyalinen Protoplasma und wird so vollständig durch den stark glänzenden Chlorophyllkörper verdeckt, dass er nur durch Kernfärbungsmittel nachgewiesen werden kann. Diese aber hat Schneider nicht angewendet. Ich hege die Vermuthung, dass er das (wenn es vorkommt) sehr deutliche Stärkekorn, dessen er sonst gar nicht erwähnt, als Kern gedeutet hat. Der Verdacht einer Verwechselung des Kernes mit einem Stärkekorn wird noch vermehrt durch die ausdrückliche Angabe Schneider's, dass die grünen Zellen der ausgebildeten Acanthocystis keinen Kern mehr zeigen. Wie Schneider für Acanthocystis, so hatte vor ihm Schultze für Vortex angegeben, dass die grünen Körperchen kernführende Bläschen seien. Aus seinen damaligen Beobachtungen darf man aber keineswegs schliessen, dass er die Zellnatur der grünen Körper nachgewiesen hat. Ihm kam es darauf auch gar nicht an, er wollte im Gegentheil die Identität mit den Chlorophyllkörpern der Pflanzen darthun. Der

„Kern“ der grünen Körper wird von ihm nicht mit Zellkernen, sondern mit dem „meist aus Amylum bestehenden Kern der Chlorophyllbläschen der Pflanzen“ in Parallele gebracht. Von den Reactionen, die Schultze angiebt, passen alle mit Ausnahme einer einzigen mindestens ebenso gut für Stärke wie für Nucleïn; nur eine spricht gegen die volle Identität mit Stärke, nämlich das Ausbleiben der Blaufärbung bei Jodbehandlung. Die Beobachtungen sind durchaus richtig, die Deutungen der Befunde vollkommen dem damaligen Stande der Wissenschaft entsprechend, dagegen reichen die festgestellten Thatsachen nicht aus zur Begründung von nachträglich aufgestellten Hypothesen.

A. Morphologische Untersuchung.

Hydra.

Die grünen Körper finden sich, wie bereits bemerkt, in den Entodermzellen, und zwar bei den einzelnen Exemplaren in verschiedener Anzahl. In manchen Fällen enthielten nicht einmal alle Entodermzellen einen oder zwei grüne Körper, in anderen zehn und mehr. Zerquetscht man eine Hydra viridis, so treten zahllose grüne Körper heraus, die etwa von ei- oder kugel-, selten von nierenförmiger Gestalt sind und einen Durchmesser von 3—6 μ besitzen. Bei Anwendung starker Vergrösserung (Seibert VII, Hartnack VIII) lässt sich mit voller Bestimmtheit feststellen, dass sie nicht gleichmässig und vollständig grün sind, sondern neben der grüngefärbten Masse auch hyalines Protoplasma besitzen. Jeder grüne Körper ist also nicht als ein Chlorophyllkörper aufzufassen, sondern als eine Protoplasmamasse, in welcher sich ein Chlorophyllkörper befindet. Dieser Befund spricht schon dafür, dass wir eine Zelle und nicht bloss den Theil einer solchen vor uns haben. Der Chlorophyllkörper ist ausserordentlich stark lichtbrechend und besitzt eine Gestalt, die man noch am ehesten eine mulden- oder sattelförmige nennen kann. In dem hyalinen Protoplasma liegt oft, aber keineswegs immer, ein stärker glänzendes Korn, das sich bei Anwendung von Jod als Stärke erweist.

Es wurden folgende Reactionen angestellt:

a) Kernnachweis. Herausgequetschte grüne Körper wurden lebend mit wässriger Haematoxylinlösung behandelt. Der überflüssige Farbstoff wurde durch Grabenwasser ausgezogen und darauf die noch lebenden Zellen durch Alkohol absolutus abgetödtet. Nach zweistündiger Einwirkung war das Chlorophyll grösstentheils ausgezogen. In allen Körpern konnten nun ein oder zwei, zuweilen auch mehr, violette, rundliche oder etwas unregelmässige Flecke unterschieden werden.

Dasselbe Resultat erhielt man, wenn man erst mehrere Stunden mit Alkohol und nachher mit Haematoxylin behandelte, oder wenn man zunächst

mit Ueberosmiumsäure oder Chromsäure abtödtete und dann Alkohol und schliesslich Haematoxylin einwirken liess.

Endlich wurde auch Flemming's Verfahren der Färbung mit Magdalaroth zum Vergleich herangezogen. Stückchen einer zerrissenen Hydra wurden eine Stunde lang einer schwachen Chromsäurelösung (0·2 %) ausgesetzt, dann in Wasser gut abgespült und darauf für 24 Stunden in eine Lösung von Magdala in 50 % Alkohol gebracht. Zur möglichst gründlichen Entfärbung wurden die Stücke dann in mehrmals erneuerten Alkohol absolutus gebracht und schliesslich entweder in Wasser oder in Canadabalsam zerquetscht. Die isolirten grünen Körperchen zeigten ganz ebenso wie die mit Haematoxylin behandelten mindestens einen deutlich gefärbten Fleck, zuweilen auch mehrere.

a) Stärkenachweis. Lebende oder mit Alkohol möglichst entfärbte Körper zeigten bei Behandlung mit Jodwasser oder mit Jodjodkalium oft ein blau gefärbtes Korn (Stärke), doch war nicht in allen Fällen die Blaufärbung ganz deutlich.

c) Cellulosemembran. Wurde nachher noch Schwefelsäure zugefügt, so trat in einigen Fällen gänzliche Violettfärbung der Körper ein; in anderen dagegen trat die immer stattfindende Auflösung (Zerfall in kleine schwärzliche Körner) zu rasch ein, als dass eine sichere Beobachtung möglich war. —

Daraus geht hervor, dass die grünen Körper den Chlorophyllkörpern der Pflanzen nicht entsprechen, sondern dass sie in morphologischer Hinsicht mit einzelligen Algen übereinstimmen. Sie besitzen hyalines Protoplasma und enthalten in demselben einen bis mehrere Zellkerne, einen grossen Chlorophyllkörper und zuweilen ein Stärkekorn. Sie scheinen von einer, jedenfalls aber sehr zarten Cellulosemembran umgeben zu sein. Statt eines Chlorophyllkörpers finden sich in manchen grünen Körpern auch 2—4 vor. Besonders in solchen Fällen waren auch mehrere (2—4) Zellkerne vorhanden. Derartige Formen wird man ungezwungen als unvollständige Theilungszustände auffassen dürfen. Stärkekörner scheinen dann aufzutreten, wenn man die Wirththiere oder die herausgequetschten grünen Körper dem Lichte aussetzt. Die Kerne sind, ähnlich wie bei der Hefezelle, kleine, zuweilen unregelmässige, solide Körperchen. Von der Erkennung feinerer Structurverhältnisse kann bei der Kleinheit der Objecte kaum die Rede sein.[1] In lebenden grünen Körpern konnte ich die Kerne nicht erkennen.

[1] Bei Untersuchung so kleiner Gebilde, wie die grünen Körper sind, ist man bezüglich feiner Details und grösserer oder geringerer Färbungsunterschiede leicht Selbsttäuschungen ausgesetzt. Um diese möglichst auszuschliessen, nahm ich Gelegenheit die mit Haematoxylin behandelten grünen Körper Anderen vorzuführen und bat ausserdem Hrn. Regierungsbaumeister G. Kessler, der in mikroskopischen Untersuchungen

Infusorien.

Von grünen Infusorien wurden besonders Stentor, Paramecium, Stylonychia und verschiedene Vorticellinen untersucht. Bei allen kommen grüne Körper vor, die im Wesentlichen denen von Hydra gleich sind. Ihr Durchmesser beträgt ebenfalls 3—6 μ; auch über die Gestalt, das Vorkommen von hyalinem Protoplasma neben dem Chlorophyllkörper und die Form des letzteren ist dasselbe zu sagen, wie bei den grünen Körpern der Hydra. Der einzige Unterschied besteht darin, dass man häufiger als bei Hydra grüne Körper mit mehreren Chlorophyllkörpern findet. Die Anzahl betrug 1—6. Die Unterschiede sind jedoch so geringfügig, dass die, aus einem nachher anzuführenden Grunde wahrscheinliche Identität der bei Infusorien und bei Hydra vorkommenden grünen Körper sehr wohl möglich ist.

Spongilla.[1]

Die grünen Körper der Süsswasserschwämme sind denen von Hydra und von Wimperinfusorien ganz ähnlich: Auch sie bestehen aus einem meist muldenförmigen Chlorophyllkörper und hyalinem Protoplasma; auch bei ihnen liess sich durch Behandlung mit Haematoxylin oder Magdala ein Zellkern mit voller Bestimmtheit nachweisen. Zum Kernnachweise wurden dieselben Reactionen wie bei Hydra (s. o.) angestellt. Der einzige, allerdings durchgreifende Unterschied, den ich auffinden konnte, besteht darin, dass die Körperchen der Spongillen sehr erheblich kleiner sind, als die vorigen. Ihr Durchmesser beträgt nur 1·5—3 μ.

Planarien.

Eine Süsswasserplanarie (welche, weiss ich nicht, da ich das Exemplar zur näheren Untersuchung sofort zerquetschte) zeigte grüne Körperchen,

und Beobachtungen wohl bewandert ist, die Versuche ebenfalls anzustellen, natürlich ohne ihn im geringsten zu beeinflussen. In allen Fällen wurden meine Untersuchungsresultate vollkommen bestätigt, besonders auch das Vorkommen farblosen Protoplasma's neben dem grünen, sowie das Vorhandensein der Zellkerne. Auch die nachher zu erwähnenden Isolirungsversuche mit grünen Körpern hat Hr. Kessler wiederholt und bestätigt. Für seine freundschaftliche Unterstützung bei meiner Arbeit, sowie für die Herstellung des grösseren Theiles der beigefügten Tafel fühle ich mich ihm zu lebhaftem Dank verpflichtet.

[1] Wie mir Hr. Prof. E. von Martens freundlichst mittheilte, hat Noll bereits im Jahre 1870 (*Zool. Garten,* XI. S. 173) folgenden Satz ausgesprochen: „Die grüne Farbe der im Sonnenschein wachsenden Exemplare ist dem Schwamme selbst nicht eigen; sie rührt vielmehr von einzelligen grünen Algen her, die eben nur im Sonnenlicht gedeihen.“ Thatsachen oder allgemeine Gründe hat Noll für diese Behauptung nicht beigebracht.

die in der Grösse mit denen der Spongillen (Durchmesser 2—3 μ), in Gestalt und im Besitz eines Zellkernes mit allen untersuchten Körpern übereinstimmen.

Aeolosoma.

In den Wandzellen des mittleren Darmabschnittes von Aeolosoma finden sich häufig grüne Körperchen, die den bisher geschilderten, wenn auch nicht vollkommen gleich, so doch recht ähnlich sind. Sie sind ungefähr von der Grösse der in Spongilla und der Planarie beobachteten (2 μ), lassen aber nur höchst selten ungefärbtes Protoplasma neben dem grünen erkennen. Daher nehme ich auch Anstand, sie mit den oben angeführten Algen zu identificiren. Algen sind jedoch auch sie, denn ich konnte an isolirten grünen Körpern durch Haematoxylinbehandlung einen Zellkern nachweisen.

Rhizopoden.

Ueber Rhizopoden mit grünen Körpern liegen leider so gut wie gar keine eigenen Untersuchungen vor. Mein Freund Dr. W. Zopf zeigte mir in abgestorbenen Sphagnumblättern Amoeben, die grüne Körper enthielten. Die letzteren glichen ganz denen von Infusorien, waren jedoch zum Theil noch grösser als diese (bis 10 μ). Als ich das Material nach einigen Tagen untersuchte, waren keine Amoeben mehr vorhanden, dagegen zahlreiche freie grüne Algen in den sonst leeren Sphagnumzellen. Versuche mit Kernnachweismitteln unterliess ich, da ich nicht sicher sein konnte, ob gerade diese Algen vorher in den Amoeben gewesen waren. Sobald sich Gelegenheit bietet, werde ich suchen, diese empfindliche Lücke in meinen Untersuchungen auszufüllen.

B. Physiologische Untersuchung.

1. Um grüne Körper auf ihre physiologische Selbständigkeit zu prüfen, zerriss oder zerquetschte ich Hydren, Infusorien, Spongillen oder Aeolosomen oder liess diese Thiere sonst irgendwie zu Grunde gehen. In allen Fällen zeigte sich, dass die grünen Körper keineswegs absterben, sondern tage- und selbst wochenlang am Leben bleiben. Sie gewähren noch nach drei- oder vierwöchentlichem Liegen in Wasser dasselbe Ansehen, wie wenn sie frisch aus dem Thiere herausgequetscht sind. Einigemal schienen sie sich im Laufe der Zeit vermehrt zu haben, doch sind über diesen Punkt noch genauere Untersuchungen nöthig. Exponirt man grüne Körper, die schon tagelang aus der Hydra isolirt sind, dem Lichte, so treten in ihnen glänzende Stärkekörner auf, — ein Zeichen, dass sie noch functionsfähig sind. Diese Versuche zeigen wohl zur Genüge, dass die grünen Körper nicht, wie die Chlorophyllkörper der Pflanzen, beim Isoliren zu Grunde gehen.

2. Meine Versuche, chlorophyllfreie Infusorien durch Auspressen von lebenden Spongillen mit den grünen Körpern der letzteren zu inficiren, scheiterten vollständig. Zu wiederholten Malen wurden zahllose grüne Körper von Spongilla in einen Tropfen gebracht, der Paramecien, Urocentren u. s. w. oder Stylonychien oder vorwiegend Vorticellen enthielt, und die Objecte tagelang in feuchten Kammern für die Beobachtung reservirt. Grüne Körper wurden allerdings von vielen Infusorien aufgenommen, aber entweder ziemlich schnell verdaut oder unverändert wieder ausgestossen. Ebensowenig konnte Hydra grisea durch Zusammenbringen mit grünen Körpern von Süsswasserschwämmen in Hydra viridis übergeführt werden. Das Misslingen liegt jedenfalls daran, dass der Spongillaschmarotzer, der sich schon durch bedeutend geringere Grösse von den in Infusorien und in Hydren lebenden Algen unterscheidet, eine besondere Art ist. Glücklicher war Hr. G. Kessler, der auf meine Bitte eigene Untersuchungen über diesen Gegenstand anstellte. Es gelang ihm durch Zusammenbringen von grünen Körpern aus Spongilla mit chlorophyllfreien Exemplaren von Stentor coeruleus die letzteren binnen wenigen Stunden in grüne Stentoren zu verwandeln. Selbstverständlicher Weise war der Versuch mit allen Vorsichtsmaassregeln angestellt worden. Einem Wassertropfen, der nur die grossen Stentoren und durchaus kein chlorophyllführendes Wesen enthielt, wurde etwas Spongillasaft, der durch Auspressen eines vorher abgespülten Stückchens einer lebenden Spongilla mit der Pincette erhalten war, zugefügt. Die Stentoren nahmen die grünen Körper alsbald in grosser Menge auf und stiessen sie weder aus, noch verdauten sie dieselben. Sie blieben auch dann grün, als Hr. Kessler sie für mehrere Stunden in reines Wasser setzte.

Die mitgetheilten negativen und positiven Resultate zeigen, dass die grünen Körper von Spongilla nur in manchen Infusorien (Stentor) zu leben vermögen, während sie von anderen (Paramecium, Stylonychia, Vorticella), die sonst wohl grosse Algen führen, verdaut oder unverdaut wieder ausgestossen werden.

3. Meine Versuche, Hydra grisea in Hydra viridis überzuführen, waren leider ohne günstigen Erfolg. Dass diese beiden „guten“ Arten keineswegs specifisch verschieden sind, glaube ich aus folgenden Beobachtungen schliessen zu dürfen: Von Anfang August bis Mitte September 1881 fanden sich in der Umgebung von Berlin keine grünen Hydren. Auch in den Tümpeln und Gräben, die sonst stets Hydra viridis geliefert hatten, fanden sich nur ungefärbte Exemplare. In einem kleinen Teiche bei Tegel fand ich noch am 14. September nur ungefärbte Hydren, am 22. September dagegen schon Exemplare, die einige grüne Körper enthielten, denen vom 14. aber im allgemeinen gleich waren. Während des ganzen Monats October fanden sich Hydren mit immer zahlreicher werdenden grünen Körpern, aber gar

keine ungefärbten Exemplare. Ich kann mich auch nicht erinnern, je Hydra viridis und Hydra grisea in derselben Localität vorgefunden zu haben, und bemerkte stets, dass wenn man einige grüne Armpolypen in Wasser setzt, das schon ungefärbte Hydren enthielt, nach einiger Zeit nur H. viridis vorhanden war.[1] Die naheliegendste Deutung für diese Erscheinungen ist jedenfalls die, dass ungefärbte Hydren durch Infection mit grünen Körpern in Hydra viridis umgewandelt werden können.

Um dies direct zu beweisen, habe ich entweder intacte oder zerquetschte grüne Hydren mit ungefärbten Exemplaren zusammengebracht. Der besseren Controle wegen durften nur geringe Wassermengen angewendet werden. In sämmtlichen (16) Versuchen gingen sowohl die grünen, als auch die ungefärbten Hydren am 2.—4. Tage zu Grunde. Ich zweifle nicht, dass man bei Anwendung grösserer Wassermengen glücklicher sein wird; doch ist dann allerdings auch eine genaue Controle sehr viel schwieriger.

4. Während die Versuche, mit grünen Körpern von Hydra viridis farblose Armpolypen zu inficiren, fehlschlugen, gelang es mir vortrefflich, durch dieselben grünen Körperchen farblose Infusorien in grüne umzuwandeln. Eine Hydra viridis war in eine kleine feuchte Kammer gesetzt, die ausser einem ungefärbten Polypen auch zahlreiche, chlorophylllose Wimperinfusorien enthielt. Als die Hydren abgestorben waren, nahmen die Infusorien die zerfallenden Massen mit den noch darin befindlichen, lebenden grünen Körpern auf. Manche, z. B. Oxytricha, verdauten die gefressenen grünen Körper; andere dagegen, wie Coleps, Paramecium, Stylonychia u. s. w. stiessen sie nicht wieder aus, sondern behielten sie dauernd bei sich. Da die grünen Körper in diesem Falle bestimmt den Infusorien vor dem Tode des grünen Armpolypen fehlten und sonst nichts Grünes in dem Wasser war, so müssen sie von der todten Hydra herrühren. Damit wäre die auf Grund der morphologischen Untersuchungen oben bereits mitgetheilte Vermuthung, dass die Schmarotzer der Hydren mit denen der meisten Infusorien identisch seien, wesentlich gestützt. Zu Gunsten dieser Annahme spricht ferner der Umstand, dass in Wasser, das Hydra viridis enthält, stets auch chlorophyllführende Infusorien sich vorfinden.

Man wird Exemplare von Hydra grisea am besten auf indirectem Wege in H. viridis überführen, nämlich dadurch, dass man sie mit solchen Infusorien zusammenbringt, die grosse Algen führen. Ebenso wie die Infusorien die grünen Körper zerfallender grüner Hydren in sich aufnehmen,

---

[1] Im Gegensatze hierzu theilt mir Hr. Dr. Noll brieflich mit, dass nach seinen Erfahrungen „auch Hydra fusca oder grisea stets ohne Grün unter den gefärbten Hydren“ vorkam. Die Entscheidung dieser Frage müssen wir Versuchen, die eigens für diesen Zweck angestellt werden, überlassen.

so werden auch Hydren die Algen von gefressenen Infusorien bei sich zu behalten vermögen. Auch in der Natur dürfte wohl die Infection farbloser Hydren mit grünen Körpern meist dadurch zu Stande kommen, dass die Hydren grüne Infusorien und andere chlorophyllführende Thiere, die sie fressen können, in ihre Leibeshöhle hineinziehen und bis auf die Algen vollständig verdauen. Wegen Mangels an Material konnte ich leider keine Versuche mehr hierüber anstellen.

5. Endlich wurde auch noch durch folgenden Versuch gezeigt, in welcher Weise die grünen Körper in andere Thiere gelangen können. Aeolosomen, völlig durchsichtige Süsswasserregenwürmer, wurden in Wasser gesetzt, das nur grüne Infusorien, wie Stentor polymorphus u. s. w., in grosser Menge enthielt. Die Würmer nahmen die ihnen als Nahrung sehr zusagenden Infusorien reichlich auf und verdauten sie schnell. Von den gefressenen Infusorien fanden sich im mittleren Drittel des Wurmdarmes nur noch kleine, krümelige Detritusmassen vor. Die in den Infusorien befindlichen Algen dagegen blieben durchaus unversehrt. Sie behielten auch nach dem gänzlichen Zerfall ihres Wirthes die lebhaft grüne Farbe bei und wurden schliesslich unverändert aus der Afteröffnung der Aeolosomen wieder ausgestossen.

Grosse Thiere werden sich also dadurch in den Besitz grüner Körper setzen, dass sie schwächere, chlorophyllführende Thiere fressen. Auch die kleinen Thiere haben Gelegenheit zur Aufnahme grüner Körper, da der vorliegende Versuch zeigt, dass manche Thiere nur die Wirthe verdauen, die grünen Körper aber isoliren und in lebendem Zustande wieder ausstossen.

C. Resultate.

1. Die Untersuchungen bestätigen vollkommen die schon Eingangs auf Grund allgemeiner Erwägungen und bereits vorliegender Untersuchungen ausgesprochene Vermuthung, dass die bei Thieren vorkommenden, chlorophyllhaltigen Körper nicht von ihnen selbst erzeugt sind, sondern als besondere Organismen, einzellige Algen, aufgefasst werden müssen, die morphologisch und physiologisch unabhängig von ihren Wirththieren sind. Für die grünen Körper von Infusorien, Spongilla, Hydra und einer Planarie ist die Zellnatur sicher festgestellt. Ausserdem ist bei den grünen Körpern der Infusorien, Spongillen und Hydren constatirt, dass sie nach dem Tode des Wirthes in isolirtem Zustande fortleben. Endlich konnten auch durch ein zu Grunde gehendes chlorophyllführendes Thier (Hydra) chlorophyllfreie Organismen (Infusorien) mit solchen Schmarotzern inficirt werden. Hrn. Kessler ist es ausserdem gelungen, grüne Körper von Spongilla auf Stentor coeruleus zu übertragen. —

Ob diese Algen bereits bekannt sind, vermag ich nicht anzugeben, da meine entwicklungsgeschichtlichen Resultate zu lückenhaft sind, als dass sich eine Veröffentlichung derselben lohnte. Auf Grund der oben angegebenen Isolirungsversuche und des Versuches an Aeolosoma möchte ich fast glauben, dass die grünen Körper bereits von Algenforschern beobachtet sind, denn die Versuche zeigen auf's deutlichste, dass die grünen Körper auch ausserhalb der Thiere zu leben vermögen. Unter solchen Verhältnissen ist es schwer vorstellbar, dass sie den Forschungen der Phycologen entgangen sein sollten. Da ich jedoch nichts Sicheres über diese Formen erfahren konnte, so belegte ich sie in meiner vorläufigen Mittheilung[1] mit einem besonderen Genusnamen:

Zoochlorella nov. gen. Grüne Körper (sog. Chlorophyllkörper) zahlreicher niederer Thiere aus der Gruppe der Protozoen, der Spongien, Hydrozoen und Turbellarien. Gestalt ei-, nieren- oder kugelförmig. Grösse 1·5—6 μ. Sie bestehen aus farbstofffreiem Protoplasma, einem echten Zellkern (seltener zwei oder mehr) und einem bis zwei meist muldenförmigen Chlorophyllkörpern (zuweilen zwei oder mehr). Zellmembran sehr wahrscheinlich. Stärkekorn oft vorhanden.

Zoochlorella Conductrix *mihi.* Lebt in Hydren. Durchmesser 3—6 μ. Jedenfalls identisch damit ist die in vielen Wimperinfusorien vorkommende Form.

Zoochlorella parasitica *mihi.* Lebt in Spongillen. Durchmesser 1·5—3 μ. Wahrscheinlich identisch damit ist die in Süsswasserplanarien vorkommende Form.

Ausser diesen grünen Algen, die hauptsächlich in Süsswasserthieren vorkommen, findet sich noch eine gelbe Alge bei Thieren, und zwar ausschliesslich bei Meerwasserthieren, für die ich gleichzeitig einen besonderen Gattungsnamen vorschlug:

Zooxanthella nov. gen. Gelbe Zellen der Radiolarien, gewisser Hydrozoen und der Actinien. Kuglige Zellen, von derber Cellulosemembran umgeben, mit gelbgefärbtem Protoplasma, centralem Kern und mehreren stark glänzenden Körnern, unter denen gewöhnlich ein besonders grosses ist (Florideenstärke?).

Zooxanthella nutricula *mihi.* Gelbe Zellen von Collozoum inerme. Wahrscheinlich identisch mit dieser Art sind die gelben Zellen der übrigen Polycyttarien, sowie vieler Monocyttarien. —

2. Nach den vorliegenden Untersuchungen fehlt selbstge-

---

[1] *Verhandlungen der Physiologischen Gesellschaft zu Berlin.* 1881. Sitzung am 11. November. (*Dies Archiv* 1881. S. 570.) Etwas ausführlicher: *Sitzungsberichte der Gesellschaft naturforschender Freunde.* Berlin. 15. November 1881.

bildetes Chlorophyll den thierischen Organismen vollkommen. Chlorophyll kommt nur bei echten Pflanzen vor. Wenn es bei Thieren sich findet, verdankt es eingewanderten Pflanzen sein Dasein. Aehnlich ist es auch mit dem Vorkommen von Stärke. Echte Pflanzenstärke (Amylum) findet sich als eigenes Product nur bei den chlorophyllführenden Pflanzen. Pilzen und Thieren fehlt sie gänzlich. In allen Fällen, in denen Stärke bei Thieren vorzukommen scheint, findet sich auch ein pflanzlicher Parasit, der Chlorophyll oder einen ähnlichen Farbstoff enthält. Das Vorkommen echter Stärke ist an das Vorhandensein von Chlorophyll gebunden.

Dem Fehlen bezw. Vorkommen von Chlorophyll entsprechend, ist die Assimilation bei Thieren und Pilzen einerseits, bei echten Pflanzen andererseits grundverschieden. —

II. Die physiologische Bedeutung der grünen Körper.

Zoochlorellen und Zooxanthellen finden sich ausschliesslich in durchsichtigen Wasserthieren. Das Chlorophyll — bezw. der entsprechende Farbstoff der gelben Zellen — kann also sehr wohl seine Function ausüben, nämlich aus Wasser und Kohlensäure bei Gegenwart von Licht organische Stoffe zu produciren und Sauerstoff dabei auszuscheiden. Wasser haben die Algen in Hülle und Fülle, denn sie leben ja in Wasserthieren, Kohlensäure wird ihnen ebenfalls von den Thieren geliefert und das Licht endlich hat bei der Durchsichtigkeit der Thiere, in denen die Algen leben, den besten Zutritt. Dass die Algen unter so günstigen Verhältnissen vermöge ihres grünen oder gelben Farbstoffes organische Materie zu bilden vermögen, ist von vornherein zu erwarten. Ein Beweis dafür kann durch den Nachweis der Sauerstoffausscheidung erbracht werden.

In dieser Richtung liegt eine kurze Mittheilung von Geddes[1] vor, die sehr interessante Resultate enthält. Geddes hat an grünen Meeresplanarien festgestellt, dass sie im Sonnenlichte Gasblasen entwickeln. Er hat ferner, nachdem er eine grössere Quantität dieses Gases gesammelt hatte, constatirt, dass das Gas ein fast verloschenes Streichholz wieder zum Weissglühen bringt und dass durch Kalilauge nur wenig, durch Pyrogallussäure dagegen ein grosser Theil der Gasmenge absorbirt wird. Genauere Analysen ergaben, dass 45—55 $^0/_0$ Sauerstoff in dem entwickelten Gasgemenge sind. Der Sauerstoff kann von den Planarien selbst unmöglich ausgeschieden sein, sondern nur von den in ihnen lebenden Algen herrühren.

---

[1] *Comptes rendus* etc. 1878. T. LXXXVII. p. 1095.

Hierdurch ist also schon hinreichend bewiesen, dass die grünen Algen überhaupt functioniren.

Eine zweite und — wie mir scheint — ungleich wichtigere Frage ist aber die: Produciren die Algen nur soviel Stoffe, wie sie selbst brauchen oder liefern sie noch an ihre Wirthe davon ab? Zur Beantwortung dieser Frage mag zunächst daran erinnert werden, dass recht viele grüne Thiere gar keine Nahrung aufzunehmen scheinen, während man in den entsprechenden chlorophylllosen Formen gewöhnlich halb verdaute Reste von anderen Organismen findet. Grüne Stentoren und viele andere Infusorien enthalten in ihrer Wand zahllose grüne Körper, aber gar keine Nahrungsbestandtheile in ihrer Leibeshöhle. Manche Heliozoen, wie Heterophrys und Acanthocystis, ferner gewisse Monothalamien, z. B. Difflugia pyriformis, sind oft so mit grünen Körpern vollgepfropft, dass gar kein Platz für aufzunehmende Nahrung vorhanden wäre. Nach diesen Beobachtungen hat es fast den Anschein, als ob die grünen Thiere überhaupt nicht mehr fressen. Man wird zu der Annahme gedrängt, dass die Algen, welche in den Thieren leben, irgend welchen ernährenden Einfluss auf ihre Wirthe ausüben. Beobachtet man aber andere Thiere, z. B. grüne Hydren, so kann man constatiren, dass sie trotz des Besitzes zahlreicher grüner Körper doch noch andere Thiere fressen. Sie erfassen mit ihren Tentakeln kleine Krebse oder deren Naupliusformen, ziehen sie in die Leibeshöhle hinein, verdauen sie dort und stossen nach einiger Zeit die nicht verwerthbaren Reste wieder aus. Ferner kommen nicht selten grüne Paramecien, Lacrymarien u. a. mit Algen versehene Infusorien vor, die in der verdauenden Höhle allerlei Fremdkörper bergen. Jedenfalls mahnen diese letzteren Fälle zur vorsichtigen Beurtheilung der erstgenannten Beispiele.

Zu einem bestimmteren Resultat gelangt man bei Untersuchung der mit gelben Zellen versehenen Sphaerozoiden. Bei früheren Radiolarienuntersuchungen war es mir in hohem Grade aufgefallen, dass alte Colonien von Collozoum, Sphaerozoum u. s. w. niemals grössere thierische oder pflanzliche Fremdkörper enthielten, von denen sie sich nach Art der Thiere hätten ernähren können. Obwohl Hunderte von Exemplaren hierauf untersucht wurden, so fanden sich doch nicht ein einziges Mal an oder in der Gallerte dieser coloniebildenden Radiolarien irgend welche der Verdauung unterworfene Fremdkörper, dagegen besassen sie stets ausserordentlich viele gelbe Zellen. In alten Colonien befinden sich in gemeinsamer Gallertmasse stets mehrere hundert, ja oft sogar Tausende von Centralkapselmassen, und jede derselben ist von 6 bis 12 oder 20 gelben Zellen umgeben. Der Zustand, in welchem die Radiolariencolonien gar keine Nahrung zu sich nehmen, obwohl sie genügende Gelegenheit dazu haben, dauert nach den bisherigen Untersuchungen mindestens einige Wochen. Wenn man nicht zu der

unwahrscheinlichen Annahme, dass die Thiere freiwillig sich einer so langen Fastenzeit unterwerfen, seine Zuflucht nehmen will, so muss man annehmen, dass sie von den mit ihnen vergesellschafteten gelben Algen ernährt werden. Eine wesentliche Stütze dieser letzteren Ansicht besteht noch darin, dass die Centralkapseln während der genannten Zeit sichtlich an Grösse und Zahl zunehmen. —

Eine sichere Entscheidung der wichtigen Frage nach der physiologischen Bedeutung der grünen und gelben Algen für die Thiere, in welchen sie leben, ist nicht durch einzelne Beobachtungen, sondern ganz allein durch Experimente möglich. Man muss den Thieren jede Möglichkeit abschneiden, sich nach Art von Thieren durch Aufnahme thierischer oder pflanzlicher Nahrung am Leben zu erhalten. Wenn sie auch in filtrirtem Wasser gedeihen, so ist erst ein sicherer Beweis dafür geliefert, dass die Algen einen sehr erheblichen ernährenden Einfluss auf ihre Wirthe ausüben.

Während meines Aufenthaltes in der Zoologischen Station zu Neapel hatte ich bereits gefunden, dass man coloniebildende Radiolarien nur dann längere Zeit am Leben erhalten kann, wenn man sie in filtrirtes Meerwasser setzt. Sie hielten sich dann nahezu zwei Wochen (12 Tage), während die anderen, in nicht filtrirtem Wasser befindlichen Exemplare, obwohl sie unter sonst gleichen Bedingungen sich befanden, höchstens 6—7 Tage am Leben blieben. Der Unterschied würde jedenfalls bedeutender ausgefallen sein, wenn ich mehr als nur ein einziges Mal, womöglich täglich, das Wasser filtrirt hätte. Daraus folgt, dass die Radiolarien nicht allein die vielen kleinen Organismen, die sich in nicht filtrirtem Meerwasser befinden, entbehren können, sondern dass sogar die Anwesenheit der letzteren schädlich wirkt.

Ein sehr viel erfreulicheres Resultat ergaben ausgedehnte Versuche mit Spongilla. Süsswasserschwämme des Tegler Sees wurden entweder in täglich frisch filtrirtes Wasser gesetzt oder sie wurden längere Zeit in einmal filtrirtem Wasser gelassen oder endlich sie wurden in dem Wasser gehalten, in welchem sie vorkommen. Am besten hielten sie sich in filtrirtem und oft erneuertem Wasser, am wenigsten gut in dem nicht filtrirten Wasser des Tegler Sees. In allen Fällen wurden gleich grosse Exemplare in gleiche Wassermengen gebracht und denselben Bedingungen ausgesetzt. Diejenigen Schwämme, welche in dem täglich von neuem filtrirten Wasser gehalten wurden, waren noch nach vier Monaten frisch grün. Herausgenommene Proben zeigten, dass sie noch am Leben seien. Dagegen gingen die in nicht filtrirtem Wasser gehaltenen Exemplare sämmtlich schon nach den ersten 2—4 Wochen zu Grunde. Die Ursache dafür ist — ganz wie in dem entsprechenden Falle bei den Radiolarien — darin zu suchen, dass das Wasser verdarb. Die Versuche zeigen mit voller Bestimmtheit, dass

grüne Spongillen monatelang von Wasser und Luft zu leben vermögen; sie brauchen nicht — wie die chlorophylllosen Thiere — andere Organismen aufzunehmen, sondern können sich ganz nach der Weise der Pflanzen ernähren. Es wäre wünschenswerth gewesen, farblose Exemplare derselben Spongilla-Art den gleichen Verhältnissen auszusetzen. Sie müssten in nicht filtrirtem Wasser sich ebenso gut halten, wie die grünen, in filtrirtem dagegen bald zu Grunde gehen. Obwohl das nach sonstigen Erfahrungen über Lebens- und Ernährungsweise von Thieren als selbstverständlich gelten kann, so bedaure ich doch wegen gänzlichen Mangels an derartigem Material die Controlversuche nicht haben vornehmen zu können.

Aehnliche Versuche wurden auch mit den oben erwähnten Hydren des Teiches bei Tegel angestellt. Die Exemplare, die am 22. September erst wenige Algen enthielten, ergrünten im Laufe der nächsten Wochen mehr und mehr. Zunächst konnte noch häufig Nahrungsaufnahme seitens der Hydren, selbst solcher, die schon lebhaft grün waren, constatirt werden. Später verkürzten sich allmählich die Tentakeln, und zwar besonders bei denjenigen Exemplaren, die in verhältnissmässig reinem Wasser lebten. Wurde den Hydren vollends jede Gelegenheit Beute zu machen abgeschnitten, d. h. wurden sie in filtrirtes Wasser gesetzt, so schrumpften die Tentakeln bis auf ganz kurze Stümpfe zusammen und konnten schliesslich, wie eine spätere Arbeit zeigen wird, nicht mehr zum Fange gebraucht werden. Die Polypen gingen dabei keineswegs zu Grunde, sondern konnten 4—5 Wochen in Wasser, das ab und zu filtrirt wurde und vollkommen frei von anderen Lebewesen war, am Leben erhalten werden. Der Versuch hätte auf noch längere Zeit ausgedehnt werden können, wenn ich nicht die Hydren für anderweitige Experimente gebraucht hätte.

Die allmähliche Verkümmerung der Tentakeln in Folge von Nichtgebrauch weist darauf hin, dass die grünen Hydren nicht allein gar keine Nahrung mehr aufzunehmen brauchen, sondern dass sie sogar auch das Vermögen, andere Thiere festzuhalten und in die Leibeshöhle hineinzuziehen, gänzlich aufgeben. Die angeführten Beobachtungen zeigen ferner, dass die Hydren auch dann noch Thiere aufnehmen, wenn sie schon sehr viele Algen enthalten. Sie müssen sich wohl erst allmählich an die von der früheren so ganz abweichende Ernährungsweise gewöhnen, ehe sie ausschliesslichen Gebrauch von derselben machen. Für diese Gewöhnung sind mehrere Wochen nöthig. Bei Hydra viridis scheint es länger als bei anderen grünen Thieren zu dauern, bis sie die Sorge für ihre Ernährung gänzlich den in ihnen lebenden Algen überlassen. Aber auch später noch nehmen sie bei passender Gelegenheit ab und zu ein Thierchen auf. Ob sie das nur aus angeborener Raublust thun oder ob wirklich noch ein Bedürfniss für animalische Ernährungsweise vorliegt, mag vorläufig dahingestellt bleiben. —

Endlich wurden auch mit Stentor, wohl dem einzigen grünen Infusor, das man bequem isoliren kann, Versuche über das Fortleben in filtrirtem Wasser angestellt. Grüne Exemplare von Stentor polymorphus hielten sich so acht Tage in einem ausgehöhltem Glasklotz. Schon am siebenten Tage des Versuches traten Pilzmycelien in dem filtrirten Wasser auf, die am achten Tage immer mehr zunahmen und am neunten den Tod der grünen Stentoren herbeiführten. —

Der Einfluss der Zoochlorellen und Zooxanthellen auf die Ernährung ihrer Wirthe kann noch in anderer Weise festgestellt werden. Wie in den bisherigen Untersuchungen den grünen Thieren alle thierische und pflanzliche Nahrung entzogen wurde, damit sie sich ganz allein wie Pflanzen ernähren könnten, so müsste man umgekehrt durch Entziehung des Lichtes den grünen Thieren die Gelegenheit rauben, sich nach Art von Pflanzen zu ernähren, und sie zwingen, als Thiere andere Organismen zu sich zu nehmen. So beweisend, wie die bisher angegebenen Versuche in der ersten Richtung, können die in der anderen niemals sein; sie sind sogar unzureichend, wenn nicht verschiedene Controlversuche angestellt werden.

Geddes giebt in seiner kurzen Mittheilung (l. c.) folgende Beobachtung an: Nachdem die grünen Meeresplanarien den Transport von Roscoff nach Paris überstanden, sind sie im Dunkeln sämmtlich in 2, 3 oder 4 Tagen gestorben, während andere, die dem diffusen Lichte exponirt waren, die Kohlensäure zerlegten und mindestens zwei Wochen lebten. Dieser Beobachtung von Geddes steht die entgegengesetzte von Max Schultze (l. c.) gegenüber. Max Schultze hat gefunden, dass die grünen Planarien im Dunkeln nicht zu Grunde gehen, sondern nur ihre grüne Farbe einbüssen. Beide Forscher können aber recht haben; beide Fälle sind ganz gut denkbar. Das Absterben der grünen Planarien von Geddes kann aus verschiedenen Ursachen stattgefunden haben. Entweder hat das Wasser pflanzliche Organismen enthalten, die bei Lichtentziehung zu Grunde gingen und das Wasser verdarben, oder das Wasser war zu rein, enthielt zu wenig organische Materie, so dass die Planarien nach Einstellung der Lebensmittelproduction seitens der grünen Körper zu Grunde gehen mussten, weil sie von ihrem Vermögen, wie Thiere sich zu ernähren, keinen Gebrauch machen konnten. Endlich ist es auch noch möglich, dass die Algen im Inneren der Thiere abstarben und so den Tod ihrer Wirthe herbeiführten. Andererseits wird Max Schultze seinen Planarien Gelegenheit gegeben haben, andere Organismen zu fressen und sich dadurch am Leben zu erhalten. Die Beobachtung von Max Schultze, dass die grünen Planarien bei vierwöchentlichem Aufenthalt in einem dunkeln Raume farblos werden, weist auf eine interessante Erscheinung hin, die eine nähere Prüfung wohl verdiente. Dass die Chlorophyllkörper der Zoochlorellen ihre grüne Farbe im

Dunkeln einbüssen, ist selbstverständlich, dass aber die Algen dabei nicht zu Grunde gehen, sondern nur auf ein Viertel ihres früheren Volumens zusammenschrumpfen, macht es wahrscheinlich, dass sie zeitweilig von den Thieren erhalten werden können. Von hervorragendem Interesse wäre es, wenn es nachzuweisen gelänge, dass die farblosen Würmer, bezw. die in ihnen befindlichen Algen, bei nachheriger Belichtung wieder grün werden.

Versuche in dieser Richtung können nur dann zu zwingenden Schlüssen führen, wenn sie wiederholt und in verschiedenen Variationen angestellt werden. Als besonders wichtig erscheinen vorläufig folgende Versuche: Grüne und farblose Exemplare einer Species werden in filtrirtes Wasser gebracht und die Gefässe in's Dunkle gesetzt. Nach wenigen Tagen müssen alle zu Grunde gegangen sein. Ausserdem sind grüne und farblose Exemplare in Wasser zu setzen, das genügende Nahrungsmittel enthält. Wenn in solchem Falle bei Entziehung des Lichtes die farblosen und die grünen Exemplare am Leben bleiben, so wäre gezeigt, dass die grünen Thiere nicht gänzlich auf ihre Algen angewiesen sind, sondern dass sie sich auch selbst ernähren können. Um zuzusehen, ob die Möglichkeit einer solchen Ernährung grüner Thiere im Dunkeln allgemein sei, müssten möglichst viel verschiedene grüne Thiere einer derartigen Untersuchung unterworfen werden. Höchst wahrscheinlich wird sich bei grünen Hydren und anderen Thieren, die durch wochenlangen Aufenthalt in filtrirtem Wasser der thierischen Nahrung gänzlich entwöhnt sind, zeigen, dass sie nicht mehr zu fressen vermögen.

Derartige Untersuchungen liegen zunächst ferner. Mir kommt es vorläufig nur darauf an, zu zeigen, dass die grünen Thiere von den in ihnen lebenden Algen ernährt werden können. Den Beweis dafür habe ich dadurch geliefert, dass ich Spongillen und Hydren in filtrirtem Wasser hielt. Aus diesen Versuchen geht mit Bestimmtheit hervor, dass die Algen ihre Wirthe vollkommen am Leben erhalten. Solange die Thiere wenig oder gar keine grünen oder gelben Zellen enthalten, ernähren sie sich wie **echte Thiere** durch Aufnahme fester organischer Stoffe, sobald sie genügende Mengen von Algen enthalten, ernähren sie sich vermöge derselben wie **echte Pflanzen** durch Assimilation von anorganischen Stoffen. Sie müssen sich wieder nach Art der Thiere ernähren, sobald bei mangelhafter Belichtung die chlorophyllführenden Algen ihre Function einstellen. Sie gehen zu Grunde, wenn sie sich nicht der ihnen eigentlich zukommenden Ernährungsweise wieder anbequemen.

Aus alledem folgt, dass die grünen Körper der Thiere ihrer physiologischen Bedeutung nach den Chlorophyllkörpern der Pflanzen entsprechen, während sie, wie der vorige Abschnitt gezeigt hat, in morphologischer Hinsicht von denselben scharf zu unterscheiden sind.

III. Das Zusammenleben von Algen mit anderen Organismen.

Semper hat in seinem bereits erwähnten Werke (I, S. 91) auf Grund der Resultate von Cienkowski schon die Ansicht ausgesprochen, dass die gelben Zellen der Radiolarien „als Commensalen mit dem Wohnthier ungefähr in derselben Weise vereinigt leben, wie gewisse Pilze und Algen, die sich bekanntlich zu dem scheinbar einfachen und in der Systematik auch jetzt noch meistens als besondere Pflanzengruppe aufgeführten Pflanzenkörper der Flechten verbinden." Im Nachstehenden wird dieser Vergleich etwas genauer aufgeführt werden. — Durch die Untersuchungen der Botaniker sind zwei verschiedene Arten des Zusammenlebens von Algen mit anderen pflanzlichen Organismen nachgewiesen: Erstens finden sich Algen als „Mietherinnen" oder „Raumparasiten" in anderen chlorophyllführenden Pflanzen, z. B. Chlorochytrium Lemnae in erweiterten Intercellularräumen von Lemna trisulca, Endosphaera biennis in Potamogeton, Phyllobium in den Blättern von Lysimachia, Ajuga, u. s. w. Zweitens leben nach den Untersuchungen von Schwendener und Bornet Algen mit Pilzen vergesellschaftet und bilden zusammen die sogenannten Flechten. In dem ersten Falle verhalten sich, wie Klebs[1] neuerdings gezeigt hat, die schmarotzenden Algen im Allgemeinen indifferent in Bezug auf die Assimilationsverhältnisse ihrer Wirthe. Die Algen sowohl als auch die Pflanzen, in denen sie leben, ernähren sich in gleicher Weise durch Assimilation anorganischer Stoffe. Daher werden die Algen weder der Wirthflanze irgend welche Substanzen entziehen, noch brauchen sie an diese etwas abzugeben.

Bei den Flechten dagegen liefern die Algen für die auf ihnen schmarotzenden Pilze das Nährmaterial. Die Algen erzeugen aus anorganischen Stoffen organische und die Pilze verbrauchen davon.

Zu diesen beiden Arten der Symbiose von Algen mit anderen Organismen kommt nunmehr noch eine dritte, nämlich die Vergesellschaftung von Algen mit Thieren. Um für dieses Verhältniss einen kurzen Ausdruck zu gebrauchen, wähle ich den Namen „Phytozoen". Berechtigt ist derselbe insofern, als die mit grünen oder gelben Algen versehenen Thiere sich bezüglich der Ernährungsverhältnisse wie echte Pflanzen verhalten, in jeder anderen Hinsicht aber echte Thiere sind. Aus ganz anderen Gründen könnte man vielleicht auch den ähnlich klingenden Namen „Phykozoen" für diese Algenführenden Thiere in Anwendung bringen.

Die Symbiose, wie sie bei den Phytozoen vorliegt, hat mit den beiden bisher bekannt gewordenen Formen des Zusammenlebens von Algen mit

[1] G. Klebs, Beiträge zur Kenntniss niederer Algenformen. *Botanische Zeitung.* 1881. Nr. 16—21.

höheren Pflanzen oder mit Pilzen eine gewisse Aehnlichkeit, unterscheidet sich aber in mehreren Punkten von beiden.

Bei den mit Algen versehenen Phanerogamen leben, ebenso bei den Phytozoen, die Algen als Mietherinnen in selbständigen Organismen. Man könnte also vom morphologischen Standpunkte aus die Algen als die Parasiten der Pflanzen bez. der Thiere, in welchen sie leben, ansehen. Das ist auch bezüglich der in Pflanzen vorkommenden Algen bis vor kurzem geschehen. Im eigentlichen, physiologischen Sinne ist aber der Ausdruck „Parasit“ auf sie deshalb nicht anwendbar, weil sie nicht „Mitesser“ sind, sondern ihre Ernährung selbständig vollziehen können. Ebensowenig wie die Mietherinnen von ihren Wirthen, sind bezüglich der Ernährung diese von jenen abhängig. Bei den Phytozoen ist das Verhältniss wesentlich anders. Hier sind die Mietherinnen zugleich die Ernährer. *Man kann daher nicht die in den Thieren lebenden Algen, sondern die sie beherbergenden Thiere selbst als Parasiten bezeichnen.*

In dieser Hinsicht kann man die Phytozoen mit den Flechten in Parallele bringen. Wie bei den Flechten der Pilz, so schmarotzt bei den Phytozoen das Thier auf den Algen. Die Algen liefern durch Assimilation anorganischer Stoffe, bei deren Zuführung sein Schmarotzer (Pilz oder Thier) behilflich ist, das gesammte Ernährungsmaterial. In beiden Fällen lassen sich die Pilze bez. die Thiere vollkommen von den Algen, mit denen sie zusammenleben, ernähren.

Während aber die Pilze auf ein derartiges Schmarotzerthum unbedingt angewiesen sind und ein unabhängiges Leben gar nicht führen können, sind die Thiere selbständige Organismen, die sonst eine vollkommen unabhängige Lebensweise führen. Aus diesem Grunde müssen bei den Flechten immer erst die Algen vorhanden sein, ehe die Pilze sich ansiedeln können, während umgekehrt bei den Phytozoen die Thiere sich zunächst im Wesentlichen ausbilden und dann erst die Algen in sich aufnehmen. Bei den Flechten entwickeln sich die Pilzsporen allmählich auf den Algen, die sie schon vorfinden, zu umfangreichen Mycelien; bei den Phytozoen dagegen nisten sich die Algen in bereits entwickelten Thieren ein.

Ein weiterer Unterschied zwischen den Phytozoen und den Flechten besteht darin, dass die ersteren fast sämmtlich der Ortsbewegung fähig sind, die letzteren dagegen nicht. Alle Phytozoen, mit Ausnahme der Schwämme, können das Licht aufsuchen oder dasselbe meiden, je nachdem sie mehr oder weniger von ihren Algen ernährt zu werden wünschen. Ausserdem sind bekanntlich viele von ihnen in hohem Grade contractil. Wenn sie sich im Lichte dehnen und strecken, so haben die in ihnen hausenden Algen um so bessere Gelegenheit ihre Thätigkeit auszuüben. —

Man hat also drei Fälle des Zusammenlebens von Algen mit anderen Organismen zu unterscheiden:

1. Algen und Phanerogamen. Die Pflanzen sind die Wirthe, die Algen ihre Mietherinnen. Bezüglich der Ernährung sind die Algen vollkommen unabhängig von den Pflanzen, in denen sie leben. Sie ernähren weder den Wirth, noch lassen sie sich von ihm ernähren.

2. Algen und Pilze — Flechten. Die Algen sind die Ernährer und — wenigstens im Anfange — die Wirthe der Pilze. Die Pilze siedeln sich auf den bereits vorhandenen Algen an und lassen sich von ihnen ernähren. Sie können ohne die Algen überhaupt nicht existiren.

3. Algen und Thiere — Phytozoen. Die Thiere sind die Wirthe, die Algen ihre Mietherinnen. Bezüglich der Ernährung aber ist das Verhältniss umgekehrt: Die Algen sind die Ernährer, die Thiere die Consumenten der von jenen gelieferten Stoffe. Die Thiere können aber auch ein vollständig selbständiges Leben führen, sie sind keineswegs, wie die Pilze, auf die in ihnen lebenden Algen unbedingt angewiesen.

In keinem der drei Fälle verhalten sich die Algen als echte Parasiten.

Anhang.

Nach meiner ersten Mittheilung „über das Zusammenleben von Algen und Thieren" in den *Verhandlungen der Physiologischen Gesellschaft zu Berlin* (11. November 1881) sind einige verwandte Arbeiten von anderen Forschern erschienen, auf die ich indess in dem vorstehenden Aufsatz keine Rücksicht genommen habe, da meine Arbeit im Wesentlichen abgeschlossen war und die späteren Publicationen mich nicht veranlassen konnten, meine ursprünglichen Anschauungen erheblich zu modificiren.

Zunächst hat Geza Entz, veranlasst durch eine kurze Zusammenfassung meiner Resultate im *Biologischen Centralblatt* (Nr. 17), in der 21. Nummer derselben Zeitschrift eine Mittheilung über die grünen Körper der Infusorien erscheinen lassen, aus welcher hervorgeht, dass der Verfasser schon im Februar 1876 Anschauungen, die in vielen Punkten mit den meinigen übereinstimmen, in einer Klausenburger Zeitschrift veröffentlicht hat. (*Ertesitö a kolozsvári orvos-természettudományi társulat második természettudományi szaküléséröl*; Kolozsvárt, 25. Februar 1876). Es ist in hohem Grade bedauerlich, dass werthvolle Arbeiten in einer Sprache veröffentlicht werden, welche sie der Kenntniss der wissenschaftlichen Welt entzieht. Man sollte wenigstens die Rücksicht beobachten, Arbeiten, welche

in wenig verbreiteten Sprachen geschrieben sind, durch ein Resumé in irgend einer der Cultursprachen der Welt zugänglich zu machen, wie dies z. B. von den Dänen, den Schweden und zum Theil auch von den Russen geschieht (und wie es auch neuerdings in Ungarn in den „*Természetrajzi Füzetek*“ begonnen worden ist).

Nach der in der 21. Nummer des *Biologischen Centralblattes* vorliegenden Uebersetzung seiner früher in magyarischer Sprache veröffentlichten Arbeit hat Entz in Uebereinstimmung mit mir gefunden, dass die vermeintlichen Chlorophyllkörper in isolirtem Zustande weiter leben. Ferner schliesst er aus der Thatsache, dass die grünen Infusorien keine feste Nahrung aufnehmen, sondern nur Wasser in ihren Schlund strudeln, dass sie von ihren Pseudochlorophyllkörpern erhalten werden müssen.

In folgenden Punkten erweitern die Untersuchungen des ungarischen Forschers die von mir bisher erreichten Resultate. Er entdeckte an isolirten grünen Körpern zwei abwechselnd erscheinende und wieder verschwindende helle Stellen, contractile Vacuolen. Es ist dies übrigens zugleich der einzige von ihm gelieferte Beweis für die morphologische Selbständigkeit der Pseudochlorophyllkörper. Bei Cultur isolirter grüner Körper verschiedener Infusorien sah Entz einzellige Algen sich entwickeln, die den Gattungen Palmella, Tetraspora, Gloeocystis, Pleurococcus, Raphidium und Scenedesmus angehören. „Einige vergrössern sich nach erfolgter Encystirung beträchtlich; aus diesen Cysten schwärmen endlich Chlamydomonaden und Euglenen heraus.“ Nach den Beobachtungen des Verfassers wandern nicht eine, sondern sehr verschiedene Algengattungen in die Infusorien ein. Die Zoosporen derselben, sowie grüne Flagellaten können sich innerhalb der Infusorien in ganz kleine Pseudochlorophyllkörper verwandeln. Hiernach würde also meine Gattung Zoochlorella nur ein Entwicklungszustand von bereits benannten grünen Algen sein. Ferner ist es Entz auch gelungen, das Eindringen von Euglenen, Chlamydomonaden oder Zellen von Palmellaceen und Protococcaceen in das Ektoderm farbloser Exemplare von Coleps hirtus, Enchelys gigas, Enchelyodon farctus und Holophrya ovum zu beobachten. — Eine andere, diesen Gegenstand betreffende Abhandlung von Geddes (*Nature*, Vol. XXV. p. 303, 1882) gelangte erst zu meiner Kenntniss, als die vorstehende Arbeit sich bereits im Druck befand. Ich muss es mir daher leider versagen, auf die interessanten Ergebnisse dieses Forschers schon hier näher einzugehen und seine Einwürfe[1] gegen meine vorläufige Mittheilung zu beantworten. Dieser Arbeit will ich, zusammen mit einigen anderen, deren Veröffentlichung nahe bevorsteht, demnächst eine eingehende Besprechung widmen.

---

[1] *Nature*. Vol. XXV. 1882, p. 361.

Figurenerklärung.

Figg. 1—3. Chlorophyllkörper von Lemna. 1600 f.

Fig. 1. von oben } lebend (innerhalb einer Zelle).
Fig. 2. von der Seite }

Fig. 3. nach Behandlung mit Alkohol und Haematoxylin. (Kern nicht vorhanden.)

Figg. 4. u. 5. Schema der grünen Körper (besonders der von Hydra).

Fig. 4. Chlorophyllkörper von oben gesehen.

Fig. 5. Seitenansicht eines grünen Körperchens. Unten ein Stärkekorn.

Fig. 6. Spongilla, nat. Gr.

Figg. 7—9. Amöboide Zellen von Spongilla.

Figg. 10—16 u. 20—27 Isolirte grüne Körper. 1600 f.

Fig. 10. Grüne Körper von Spongilla, lebend.

Fig. 11. - - - - mit Haematoxylin behandelt.

Fig. 12. - - - einer Planarie, lebend.

Fig. 13. - - - - - mit Haematoxylin behandelt.

Fig. 14. - - aus den Zellen der Darmwand von Aeolosoma lebend.

Fig. 15. - - - - - - - - - - mit Haematoxylin behandelt.

Fig. 16. - - von Hydra, lebend, z. Th. mit Stärkekorn.

Fig. 17. - - - - - drei Wochen nach der Isolation aus der Hydra.

Fig. 18. - - - - mit Haematoxylin behandelt.

Fig. 19. Stentor polymorphus mit grünen Körpern. 200 f.

Fig. 22. Paramecium aurelia - . - 500 f.

Fig. 20. Grüne Körper von Stentor pol., lebend.

Fig. 21. - - - - - mit Haematoxylin behandelt.

Fig. 23. - - - Paramecium aurelia, lebend.

Fig. 24. - - - - - - vier Wochen nach der Isolation aus dem Pantoffelthier.

Fig. 25. - - - - - mit Haematoxylin behandelt.

Fig. 26. - - - Vaginicola crystallina, lebend.

Fig. 27. - - - - - mit Haematoxylin behandelt.

Ueber den intrathoracalen Druck.

Von

I. Rosenthal.[1]

Bekanntlich wird durch die elastische Dehnung der Lungen ein negativer Druck innerhalb des Thorax bedingt. Dies geht schon aus der einfachen Thatsache hervor, dass die Eröffnung der Pleurahöhlen auch an der Leiche ein sofortiges Zusammenfallen der Lungen unter Einsaugung von Luft zur Folge hat. Um diesen negativen Druck zu messen, haben Carson, Donders, Hutchinson, Harless u. A. ein indirectes Verfahren eingeschlagen, indem sie bei Leichen Manometer in die Trachea einbanden und dann beide Pleurahöhlen eröffneten. Donders[2] fand so für die Ruhestellung des Thorax an der Leiche 6 ^{mm} Hg, für die einer möglichst tiefen Inspiration entsprechende Ausdehnung der Lunge etwa 30 ^{mm}; etwas grössere Werthe fand Hutchinson,[3] nämlich 13·5 bez. 37·6 ^{mm} Hg.

Wir können also annehmen, dass bei der Ruhestellung des Thorax die Lunge etwa mit einem Druck von 7·6 ^{mm} Hg, d. h. $^1/_{100}$ Atmosphäre sich zusammenzuziehen strebt. Dies entspricht einem Druck von 10 ^{grm} auf den Quadratcentimeter. Alle nachgiebigen Thoraxwandungen, insbesondere also das Zwerchfell und die Rippen, werden soweit nach innen eingezogen werden, bis ihre eigene Spannung denselben Werth erreicht. Jede inspiratorische Kraft muss diesen Widerstand überwinden, wenn sie überhaupt eine Wir-

[1] *Aus den Sitzungsberichten der physikalisch-medicinischen Societät zu Erlangen* (Sitzung vom 14. Februar 1881). Vom Hrn. Verfasser mitgetheilt.

[2] Donders, in Henle und Pfeufer's *Zeitschrift für rationelle Medicin.* Bd. III. — *Physiologie des Menschen.* Deutsche Ausgabe. S. 400.

[3] Hutchinson, Todd's *Cyclopaedia of Anatomy and Physiology.* Article Thorax. Vol. IV. p. 1058.

kung erzielen soll. Aber dieser Widerstand wächst noch in dem Maasse, als die Lunge ausgedehnt wird, und die inspiratorischen Muskeln wirken also etwa in der Art wie Muskeln, die an einer Feder angreifen, welche sie verbiegen müssen. Sobald daher die Muskelenergie nachlässt, werden die Thoraxwandungen durch die Federkraft der Lungen in ihre Normalstellung zurückschnellen. Bei der Exspiration durch Muskelwirkung, d. h. bei der Verkleinerung des Thorax unter seine Normalstellung kommt die Lungenelasticität den Muskelkräften zu Hülfe; aber hier wirken dann die Spannungen der Thoraxwände selbst als Widerstände, welche die Muskeln zu überwinden haben.

Die directe Messung des negativen Drucks am lebenden Menschen ist bis jetzt nicht ausgeführt worden. An Thieren haben meines Wissens zuerst Adamkiewicz und Jacobson[1] eine solche directe Bestimmung vorgenommen, indem sie bei Schafen, Hunden, Kaninchen einen Troicart im vierten Intercostalraum links unmittelbar neben dem Sternum einstiessen und flach unter dem Sternum fort in die Herzbeutelhöhle einführten; durch Zurückziehen des Stilets wurde dann das Lumen frei gemacht und die Verbindung mit dem Manometer hergestellt. Der negative Druck schwankte zwischen — 3 und — 5 ^{mm} Hg und sank bei heftiger Dyspnoe eines Kaninchens auf — 9 ^{mm}. Wenn man annimmt, dass die entsprechenden Werthe beim Menschen grösser ausfallen würden, so würde zwischen diesen Zahlen und den von Donders an der menschlichen Lunge gefundenen Werthen von 6—30 ^{mm} Hg kein Widerspruch sein.

Die zu anderen Zwecken am lebenden Thier häufig vorgenommene Eröffnung einer Pleurahöhle ist meines Wissens von keinem Forscher zur Bestimmung des negativen Druckes in derselben benutzt worden. Es wäre nur nöthig, in die Brustwunde eine Canüle, wie sie von Ludwig, Hering u. A. benutzt wurde, luftdicht einzufügen, mit dieser irgend eine Saugvorrichtung und ein Manometer zu verbinden und dann durch Aussaugen der Luft aus der Pleurahöhle die Lunge wieder zur Anlagerung an die Brustwand zu bringen; sobald dies erreicht ist, würde der Stand des Manometers den gesuchten Werth des negativen Druckes anzeigen.

Es bedarf aber gar nicht so eingreifender Operationen, um diesen Werth zu finden, da man auf bequemerem Wege, ja sogar ganz ohne Verletzung Zugang zum inneren Thoraxraum finden kann, nämlich durch den Oesophagus. Führt man durch diesen ein Rohr in den hinteren Mediastinalraum und verbindet dasselbe mit dem Manometer, so sieht man Schwankungen, welche den Respirationsbewegungen entsprechen. Bei jeder Inspi-

---

[1] Adamkiewicz und Jacobson, *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1873. S. 483.

ration sinkt das Manometer, bei jeder Exspiration steigt es, entsprechender Abnahme oder Zunahme, welche der intrathoracale Druck mit der Vergrösserung und Verkleinerung des Lungenvolums erfährt. Benutzt man statt des Manometers eine Marey'sche Schreibkapsel, so ist dies eine der besten Methoden, den Verlauf und die Stärke der Athembewegungen aufzuzeichnen. Als solche ist sie von Luciani[1] und von mir[2] benutzt worden. Der Nullpunkt, um welchen herum die Schwankungen des Manometers oder des Schreibhebels der Marey'schen Kapsel erfolgen, hängt dabei ganz von dem Moment ab, in welchem die Verbindung mit der Schlundsonde erfolgt. Stellt man diese her, während der Thorax in der Normalstellung ist, also in der Athempause, so sind die Ausschläge directe Messungen des Grades der Ausdehnung bez. der activen Verengerung des Thorax.

Auf diese Weise messen wir aber nicht den absoluten Werth des intrathoracalen Druckes, sondern nur seine Schwankungen. Wenn man jedoch ähnlich verfährt, wie Adamkiewicz und Jacobson mit dem Herzbeutel es gethan, d. h. die Sonde geschlossen durch den Oesophagus in den Thorax einführt und dann die Communication mit einem Manometer herstellt, ohne dass eine Verbindung mit der Atmosphäre eintritt, so zeigt das Manometer den negativen Druck direct an. Ich habe derartige Bestimmungen an Kaninchen gemacht und den Druck gleich höchstens —40^{mm} Wasser, also etwa — 3 ^{mm} Hg gefunden, was mit den Angaben von Adamkiewicz und Jacobson übereinstimmt. Er kann aber bei tiefen Inspirationen viel grösser werden; und diese niedersten Werthe hängen nicht bloss von den Erweiterungen des Thoraxraumes, sondern auch von der Weite der Respirationsöffnung ab. Ist diese weit, so kann der Druck in den Alveolen niemals tief sinken, er beträgt nur wenige Millimeter Wasser. Ist aber die Lunge nur durch eine enge Oeffnung mit der Atmosphäre verbunden oder gar ganz abgeschlossen, dann wird bei der Inspiration der intraalveoläre Druck stark negativ, und der intrathoracale Druck muss sich von diesem noch um den Betrag der Lungenelasticität unterscheiden. Unter diesen Umständen habe ich bei Kaninchen negative Drucke von 250 ^{mm} Wasser und darüber, also bis ungefähr — 20 ^{mm} Hg gesehen. Bei der Exspiration ist das Verhältniss analog: der durch die Lungenelasticität bedingte negative Druck zieht sich von dem positiven intraalveolären ab, und da dieser bei verengter oder gar geschlossener Ausgangsöffnung erhebliche Werthe erreichen kann, so kann die algebraische Summe dann, trotz der Lungenelasticität, positive Werthe annehmen.

Hat man bei Kaninchen auf die angegebene Weise sehr hohe negative

---

[1] Luciani, *Archivio per le Scienze mediche.* 1878. t. II. p. 177.

[2] Rosenthal, *Dies Archiv,* 1880. Suppl.-Bd. S. 34.

Werthe des intrathoracalen Drucks erzeugt, so kehrt das Manometer nicht wieder zu der Normalstellung zurück, sondern bleibt auf dem erreichten Minimum stehen. Die Erklärung dieser Erscheinung ist sehr einfach. Wenn so hohe negative Werthe vorhanden waren und wenn dann der Druck im Mediastinalraum wieder steigt, so wird der dünne Oesophagus des Kaninchens unterhalb der Canüle zusammengepresst und schliesst die Canüle und damit das Manometer ventilartig ab. Man hat also dann ein Minimummanometer, welches die höchsten erreichten negativen Werthe dauernd anzeigt. Es genügt, die Verbindung zwischen Sonde und Manometer zu unterbrechen und Luft in die Sonde eintreten zu lassen, um bei erneuter Verbindung wieder die ganze Reihe von Erscheinungen ablaufen zu sehen.

Man kann auch die mit dem Manometer durch einen Gummischlauch verbundene Sonde einfach offen in den Oesophagus einführen. Sowie ihre Mündung durch die obere Thoraxapertur durchdringt, steigt das Wasser in dem geschlossenen Schenkel in die Höhe und stellt sich innerhalb kurzer Zeit auf die Stelle ein, auf der es bei normaler Athmung bleibt und an der es die geringen, von den Athembewegungen abhängigen Schwankungen macht.

Ich habe dieselben Versuche auch an Hunden und Katzen gemacht und bei ihnen ungefähr dieselben Werthe für den intrathoracalen Druck gefunden; bei Hunden ist er zuweilen etwas grösser, bis zu — 50 ^{mm} Wasser, und die Athemschwankungen sind bei ihnen bedeutender als beim Kaninchen.

Beim Menschen sind meine Versuche, auf dieselbe Weise den intrathoracalen Druck zu bestimmen, anfänglich ohne Erfolg geblieben. Bei Anwendung einer gewöhnlichen Schlundsonde wurde kein genügender Abschluss im Oesophagus erzielt; bei einer dickeren Sonde war dies der Fall, aber die fortwährend stattfindenden Bewegungen des Oesophagus interferirten mit den von Lungen und Respirationsbewegungen veranlassten Manometerstellungen und machten jede Messung unmöglich. Sobald die Sonde in den Magen kam, stellte sich das Manometer auf einen geringen positiven Werth ein (intraabdomineller Druck) und dieser stieg regelmässig bei jeder Inspiration wegen der Verkleinerung der Bauchhöhle durch das herabtretende Zwerchfell.

Neuerdings aber habe ich bei zwei Personen, welche ich mit meinem Freunde Leube sondirte, bessere Erfolge erzielt. Der Oesophagus dieser Personen ist durch häufiges Sondiren so unempfindlich geworden, dass er beim Einführen der Sonde ganz ruhig bleibt. Man kann die Messung am leichtesten vornehmen, wenn man die Sonde offen in den Magen einführt, sie dann mit dem Manometer verbindet und nun langsam zurückzieht.

Sowie die Sondenöffnung durch das Zwerchfell durchgetreten ist und sich im Thoraxraum befindet, springt das Wasser plötzlich im geschlossenen Manometerschenkel in die Höhe und stellt sich auf den negativen intrathoracalen Druck ein, zeigt auch dann jede Inspiration durch eine negative Schwankung an, während diese Schwankung positiv ist, so lange die Sondenöffnung im Magen liegt. Man sieht dies besonders deutlich bei tiefsten Inspirationen. Dazwischen findet man eine Lage der Sonde, wo das Wasser in beiden Schenkeln gleich hoch steht und undeutliche Schwankungen zeigt. Diese Lage entspricht offenbar der Cardia.[1] Der negative Druck belief sich auf 40—60 mm Wasser, also auf einen wenig höheren Werth wie bei Kaninchen; die gewöhnlichen Athembewegungen bewirken nur Schwankungen von einigen Millimetern. Wenn man aber etwas tief einathmen lässt, so erhebt sich der Druck auf —100—120 mm.

[1] Diese Methode zur genaueren Bestimmung der Lage der Cardia kann unter Umständen von praktischem Werth sein.

Beiträge zur Physiologie.

Von

Dr. E. Dönhoff
in Orsoy.

I. Die Ursachen der Constanz in der Zahl der Individuen bei Pflanzen und Thieren.

Ein einfaches grosses Gesetz bewirkt die Constanz der Individuenanzahl bei den Gewächsen. Dieses Gesetz heisst: Das Leben der Alten ist der Tod der Jungen, der Tod der Alten ist das Leben der Jungen. In einem Buchenwalde kränkeln die jungen Buchen, welche aus dem Samen der alten hervorgegangen sind; sie sterben in den ersten Lebensjahren aus Mangel an Licht, nur am Waldesrande kommen sie auf. Sterben alte Buchen, so dass Licht zu der unten wachsenden jungen Brut dringen kann, so kommt diese auf; kräftigere Individuen eilen den anderen voraus, unterdrücken diese, und nun sieht man an den Stellen, wo früher die Alten standen, Junge, welche die Lücken ausfüllen. Aehnlich verhält es sich mit den Tannen- und Eichenwäldern. In einem nahe bei Orsoy gelegenen Ulmenwäldchen schlagen jährlich Hunderte von jungen Ulmen aus den Wurzeln aus: nachdem sie einige Jahre ein sieches Leben geführt, sterben sie ab. Die Wiesen zeigen eine ähnliche Beständigkeit in der Zahl der Individuen. Bejahrte Ackerwirthe, welche ihre Wiesen seit 50 Jahren kennen, versichern mir, dass diese ihren Charakter nicht geändert haben. Dieselbe Menge von Wegerich, Gänseblümchen, Ranunkeln, Gräsern, die in ihrer Jugend vorkamen, kommt noch jetzt dort vor. Eingesprengt zwischen den perennirenden Gewächsen finden sich einige ein- und zweijährige, sie sind ebenfalls in derselben Anzahl vorhanden wie vor 50 Jahren. Auch auf den Wiesen lässt Mangel an Raum und Licht die junge Brut nicht aufkommen, so lange die Alten leben. Ebensowenig wie unsere Bäume und Gräser sich vermehren, kann sich die Heide auf unseren Heiden, kann

sich die Rennthierflechte auf den Steppen des Nordens vermehren. Die ausdauernden Gewächse unserer Wälder, Wiesen und Heiden lassen nur wenige nicht ausdauernde Gewächse aufkommen. Der Mensch, welcher durch Ausroden der Wälder, durch den Pflug, durch Anlegung von Strassen die perennirenden Pflanzen zerstört, schafft Licht und Raum den ein- und zweijährigen. Unsere Korn-, Klee- und Brachfelder sind sowohl der Menge der Arten als der Individuenzahl nach das Reich der nicht ausdauernden Gewächse. Hier, wo der Mensch die Natur seinen Zwecken dienstbar macht, hört das Gesetz der Beständigkeit der Individuenzahl auf. So hat, um nur ein Beispiel anzuführen, das Aufgeben der Brachwirthschaft die Zahl der Gewächse bedeutend vermindert.

Wie die Zahl der Pflanzen, so ist auch die der Thiere, da wo der Mensch nicht eingreift, eine annähernd constante. Es lässt sich dieses Gesetz ziemlich durch alle Thierclassen durchführen. Die Euglena, der Regenwurm, die Blindschleiche, der Zaunkönig, das Wiesel sind anscheinend in derselben Zahl vorhanden wie vor 50 Jahren. So wenig, wie die Anzahl der Thiere in einer Gegend, wo sie heimisch sind, sich vermehrt, eben so wenig erweitert sich ihr Verbreitungsgebiet da, wo der Mensch nicht eingreift. Einige Singvögel, die sich gern in Gärten aufhalten, sollen sich weiter verbreitet haben; wahrscheinlich ist der Mensch die Ursache. Die Wanderratte, der Coloradokäfer, die Honigbiene u. s. w. verdanken ihre Ausbreitung über die Erde dem Menschen. Selbst die grossen Raubthiere scheinen sich nicht zu vermehren. Man sollte glauben, der Bär, welcher jährlich zwei Junge wirft, müsse sich vermehren, wo der Mensch ihn nicht verfolgt. Sein zottiger Pelz schützt ihn vor Kälte, der Hunger kann ihn nicht tödten, da er von Thieren und Vegetabilien lebt, Krankheiten scheint er wenig unterworfen zu sein, Feinde können nicht gut ihm etwas anhaben, da er in der Jugend von der Mutter beschützt wird, und da er später so stark ist, dass er keinen Luchs, keinen Wolf zu fürchten braucht. Trotzdem vermehrt er sich nicht, wie mir dies aus folgender Betrachtung hervorzugehen scheint. Da dieses Thier vor 2000 Jahren in Deutschland ziemlich häufig war, so lässt sich wohl annehmen, dass es in dem menschenleeren Russland noch weniger fehlte. Nur selten, sagt Brehm, dringt der naseweise Mensch in die ungeheuern Wälder Russlands ein, unverfolgt vom Menschen trollt der Bär hier von Berg zu Berg, von Thal zu Thal. Trotzdem der Mensch ihn während der 2000 Jahre nur wenig verfolgt hat, ist er dort jetzt noch wie vor 2000 Jahren nur ziemlich häufig. Das Thier ist mit 6 Jahren ausgewachsen, eine Bärin warf nach Brehm noch im 31. Jahre; in zoologischen Gärten ist er 50 Jahre alt geworden. Erreichten alle Bären dieses Lebensziel, würfen die Jungen nach 6 Jahren wieder Junge, ebenso diese u. s. w., so müssten binnen kurzer Zeit die Wälder von diesen Säugern wimmeln. Nehme ich nur eine ganz

schwache Vermehrung an, nämlich dass statt eines Paares nach 100 Jahren zwei Paare, nach 1200 Jahren vier vorhanden wären, so wäre für ein Paar, welches vor 200 Jahren gelebt hat, jetzt eine halbe Million vorhanden; viele Millionen Paare müssten dann jetzt den russischen Urwald bevölkern, eine Annahme, die den Thatsachen widerspricht. Alles spricht dafür, dass der Bär auch unverfolgt vom Menschen sich nicht vermehrt. Er wirft jährlich zwei Junge; nehme ich an, dass er in zwei Jahren nur ein Junges werfe, da er in der Jugend und im Alter unfruchtbar ist, so wäre seine mittlere Lebensdauer 6 Jahre, die natürliche ist aber über 50 Jahre. Es folgt hieraus, dass dieses starke Thier vor Ablauf seiner natürlichen Lebenszeit massenhaft zu Grunde gehen muss. Ebensowenig wie der Bär in Russland, können die grossen Raubthiere im Urwald am mittleren Amazonenstrom, der nach Humboldt das sechsfache Areal von Frankreich bedeckt, sich wesentlich vermehren. Denn bei der Annahme einer schwachen Vermehrung im Laufe eines Jahrhunderts kommt man schon zu ungeheuren, fabelhaften Mengen im Laufe der Jahrtausende.

In Bezug auf den Menschen weist die Statistik nach, wie viele in den einzelnen Ländern durch Alterschwäche, wie viele durch Krankheiten, wie viele gewaltsam sterben. Ich glaube, man kann wohl den Satz aufstellen, der Mensch stirbt mit geringen Ausnahmen durch Krankheiten, das Thier stirbt meistens eines gewaltsamen Todes, es erfriert, verhungert, ersäuft, wird von anderen Thieren gefressen u. s. w. Trotz der geringen Nachkommenschaft, die er zeugt, vermehrt sich der Mensch, das Thier vermehrt sich nicht. Es ist wirklich ein merkwürdiges Naturgesetz, dass der Brillenkaiman, welcher über 100 Jahre alt werden kann, welcher 20 Eier durchschnittlich im Jahre legt, und der in Brasilien nach Brehm vom Menschen nicht verfolgt wird, sich ebensowenig vermehrt, wie der Geier, der jährlich ein Junges zeugt, dass die Blattlaus, die Stubenfliege, welche viele Tausende von Nachkommen in einem Sommer erzeugen können, sich eben so wenig vermehren, wie das Wiesel; es ist ein merkwürdiges Naturgesetz, dass durchschnittlich so viele Thiere einer Art im Jahre sterben, als Junge in einem Jahre entstehen. Von einigen Thieren wissen wir so ziemlich, wodurch sie umkommen. Die Stubenfliege, welche im Sommer der Pilzsucht und ihren Feinden entgangen ist, kommt im Spätherbst durch Kälte um. Die Honigbiene stirbt fast ohne Ausnahme eines gewaltsamen Todes ausserhalb des Stockes. Bei den Fischen räumen Räuber aus der Classe der Lurche, der Fische, der Vögel, der Säuger gehörig auf. Die Vermehrung der Füchse wird durch die Räude ausserordentlich beschränkt, die sie massenhaft tödtet, wie ich dies im Jahre 1870 selbst beobachtet habe. Bei vielen Thieren sind die Todesursachen unbekannt. So weiss ich nicht, warum der Regenwurm in meinem Garten sich nicht vermehrt, da ich keine Mäuse,

keinen Maulwurf habe, und nur selten einen Käfer finde. Ich weiss nicht, warum die Geier sich nicht vermehren, da sie sehr alt werden, mit Ausnahme einiger Arten vom Menschen nicht verfolgt werden, und da sie auch unter den Thieren keine besonderen Feinde haben; ich weiss nicht warum der Bär, warum die Schwalbe sich nicht vermehrt. Ich merkte mir in diesem Sommer 43 Rauchschwalbennester; 36 Schwalbenpaare brüteten zweimal, 7 einmal, sie zogen zusammen 298 Junge; 9 noch nicht flügge lagen in den Frühlingsmonaten todt auf der Erde, 6 Nester hatten noch Junge, als im August die nasskalte Witterung eintrat. Nach einiger Zeit fand ich sie sämmtlich, 23 an der Zahl, todt in denselben liegen, theilweise schon von Maden aufgefressen. Ich wollte wissen, ob beide Alten noch lebten, da ich nicht begreifen kann, wie diese umkommen. Ich wartete deshalb, als die erste Brut bald flügge war, bis ich Beide zusammen fütternd am Neste traf; sämmtliche Alten lebten noch. Von den 36 Paaren, welche zweimal brüteten, traf ich 33 beim Nest, als die zweite Brut bald flügge war; bei drei Nestern traf ich nur eine Alte. Von den Alten waren also wenige umgekommen. Nach dem Abgang der gestorbenen lebten noch 266 Junge. Die Raubvögel können den schnell fliegenden Thieren wenig anhaben. Der Fang in Italien, in Spanien ist wohl zu unbedeutend, wenn man die Menge der Thiere bedenkt. Wie kommen sie um?

Man kann bei den Organismen eine zwiefache Constanz in der Zahl der Individuen unterscheiden, eine beständige Constanz und eine wechselnde. Eine beständige Constanz ist die, wo jedes Jahr ungefähr dieselbe Zahl von Organismen vorhanden ist; eine wechselnde Constanz nenne ich die, wo die Zahl der Individuen nach den Jahren auffallend wechselt, bei denen aber nach einer kleineren oder grösseren Reihe von Jahren nichtsdestoweniger dieselbe Zahl annähernd wieder vorhanden ist; wo die Summe der Individuen, welche in einem Jahrhundert gelebt haben, ungefähr gleich der Summe der Individuen ist, welche einem früheren Jahrhundert angehörten. Eine beständige Constanz hat das Heidekraut, eine wechselnde haben die Pilze. Eine beständige Constanz hat die Krähe; ich kann wenigstens nicht merken, dass die Zahl der Krähen in den Jahren schwankt. Eine halbe Meile von Orsoy ist ein Wäldchen, der Brüteplatz für viele hundert Krähenpaare. Die Leute, welche seit 60 Jahren bei diesem Wäldchen wohnen, sagen, dass sie keinen Unterschied in der Zahl der Krähen in den einzelnen Jahren gemerkt haben. Eine wechselnde Constanz zeigen die Wespen, Stubenfliegen, die Kohlweisslinge; im Jahre 1880 war hier die fünfzigfache Anzahl dieser Thiere vorhanden, die im Jahr 1881 lebte; in demselben Jahr waren tausendmal so viel Feldschnecken, als im letzteren. Im Jahr 1871 waren hunderttausendemal so viel Processionsraupen als im Jahr 1880. Die Schwankungen sind bloss in einem bestimmten Revier vorhanden; die

Zahl aller Pilze, Schnecken, Processionsraupen, welche im Jahr 1881 auf der Erde gelebt hat, ist wohl annähernd gleich der Zahl dieser Pflanzen und Thiere, die im Jahr 1880 lebten. Die Hauptursache der Schwankungen liegt im Wetter. Da das Wetter in der Aequatorialzone und den Tropen beständiger ist, da die Jahre weniger Verschiedenheit zeigen, so lässt sich wohl annehmen, dass dort solche Schwankungen weniger vorkommen, es ist mir kein Thier in jenen Breiten bekannt, welches so schwankt wie die Feldmaus in Deutschland und der Lemming in Norwegen. Da der Ocean weniger Wetterschwankungen ausgesetzt ist, als das feste Land, so lässt sich wohl annehmen, dass die Zahl der Thiere dort mehr constant bleibt. Allerdings ist der Herings- und Wallfischfang in einem Jahre viel ergiebiger; nach Hartwig wurden im Jahre 1718 von den 108 Schiffen der holländischen Grönlandsflotte 1291 Wale gefangen, im folgenden Jahre erbeuteten 137 Schiffe bloss 22 Stück, im darauf folgenden Jahre fingen 117 Schiffe 631. Da der Wal jedes Jahr oder in zwei Jahren einige Junge wirft, so kann die grosse Schwankung im Fang nicht in der Schwankung der Vermehrung liegen.

Werden Pflanzen, Thiere in eine Gegend neu eingeführt, so vermehren sie sich gewöhnlich. So haben sich die Wasserpest, das kanadische Berufskraut aus Nordamerika, der Calmus und der Stechapfel aus dem Orient bei uns eingesiedelt, unsere Distel ist in den Grasebenen Südamerika's häufig. Unser Pferd und Rind in Amerika verwildert, haben sich dort bedeutend vermehrt; ebenso vermehrt sich dort unser Sperling. Die Vermehrung geht aber nur bis zu einer gewissen Grenze. Es erscheint auffallend, dass, wenn ein Spatzenpaar in Amerika eingeführt ist, und dasselbe im Jahr 15 Junge erzeugt, von den 17 Spatzen etwa nur 10 sterben, während, wenn die Grenze der Vermehrung erreicht ist, von 1000 Spatzenpaaren mit ihren Jungen jährlich 15000 sterben.

Der Grund ist wohl der, dass im letzten Fall 1000 Spatzen von den Raubthieren angetroffen werden, wo im ersten Fall nur einer angetroffen wird, zudem wenden sich den Gegenden, wo reichliche Nahrung vorhanden ist, die Raubthiere besonders zu, diese sind auch bei reichlicher Nahrung fruchtbarer. Die Ernährung vieler Sperlinge ist schwieriger, Futtermangel mag auch zu grösserer Sterblichkeit beitragen.

Da auf der Erde im Naturzustande so viele Pflanzen leben, als eben leben können, so folgt, dass eine neu eingeführte Pflanze nur auf Kosten der einheimischen bestehen kann, die sie unterdrückt. Es kann ein neues Thier nur auf Kosten anderer einheimischer Organismen eingeführt werden.

So hat die Einführung eines so unschuldigen Thieres wie der Honigbiene in Amerika das Leben vieler Organismen verhindert; ohne sie hätte der Blüthenstaub, welchen sie frisst, Millionen von Fäulniss erregenden Organismen zur Nahrung gedient.

II. Einfluss der Wärme auf den Eintritt von Wasser in Gewebe, und auf den Austritt von Säften aus Geweben.

Ich schnitt zur Winterzeit von einer Pflanze zwei ähnliche Seitenzweige ab, und liess sie auf dem Tische liegen, bis die Blätter schlaff herabhingen. Nun legte ich einen Zweig in ein Gefäss mit Wasser, welches längere Zeit im Freien gestanden hatte, und zwar so, dass er ganz unter Wasser lag, und setzte das Gefäss aussen vor's Fenster. Den anderen Zweig überschüttete ich mit auf 25° C. erwärmten Wasser, und setzte das Gefäss in die geheizte Stube. So oft ich den Versuch machte, waren die Blätter des Zweiges, welcher in warmem Wasser gelegen hatte, eher mit Wasser gefüllt, als die des anderen, welcher in kaltem Wasser gelegen hatte. Wenn die Blätter des ersten Zweiges prall nach oben standen, und heruntergebogen wieder in die Höhe schnellten, hingen letztere noch schlaff herunter. Je kälter das Wasser ist, in welchem der Zweig liegt, um so langsamer geschieht die Aufsaugung.[1]

Wenn man im Frühjahr den Zweig eines Weinstockes durchschneidet, so bluten beide Enden. Schnitt ich in der ersten Zeit, wo der Weinstock im Frühjahr anfängt zu bluten, an einem kalten Morgen, wo das Thermometer nur wenige Grade über Null zeigte, einen Zweig durch, so waren die Enden trocken. Erwärmte ich den abgeschnittenen Zweig in der Hand, oder brachte ihn in die Nähe des Ofens, so fing er an zu bluten. Wurde das Schnittende nach oben gehalten, so blutete es nicht so stark, als wenn ich dasselbe nach unten hielt. Die Wärme bewirkt den Austritt der Säfte aus den Zellen, wie die Wärme auch den Austritt von Flüssigkeit aus den Zellen der Schweissdrüssen bewirkt. War das nach oben gehaltene Schnittende mit Säften bedeckt, und ich entfernte die wärmende Hand, oder brachte den Zweig vom Ofen wieder in's Freie, so zog die Flüssigkeit wieder ein.

III. Das Athmungscentrum der Honigbiene.

Fasst man mit einer Pinzette das Bein einer Biene, und hält sie unter laues Wasser, so tritt nach kurzer Zeit Athemnoth ein: die Hinterleibsringe nähern und entfernen sich abwechselnd. Schneidet man den Kopf der Biene ab, und hält sie nun unter Wasser, so treten die Athembewegungen nicht ein. Es scheint mir daraus zu folgen, dass das Centrum für die

---

[1] Lässt man ein Blatt des Weisskohls welken, spaltet dann die Mittelrippe in der Richtung der Längsaxe, legt die eine Hälfte des Blattes in Wasser von 20° C., die andere in Wasser von 0°, so ist erstere mehrere Stunden früher mit Wasser gefüllt als letztere.

Athembewegungen im Kopf liegt. Man könnte zwar einwenden, das Athemcentrum liege doch vielleicht im Rumpf; es sei durch den Schnitt eine Umstimmung in den durchschnittenen Nerven eingetreten, die sich auf's Centrum fortgepflanzt habe, und die bewirke, dass dieses seine Thätigkeit einstelle. Die Centren für andere zweckmässige Bewegungen werden aber durch den Schnitt nicht beeinflusst, so richtet die enthauptete Biene sich auf, wenn man sie auf den Rücken legt, sie reibt sich mit den Beinen den Leib, reibt die Hinterbeine gegeneinander, wie sie dies sonst im Affect thut. Ich glaube deshalb, dass das Athemcentrum bei der Biene wie bei den Wirbelthieren im Kopfe liegt. Gewöhnlich liegen bei den Gliederthieren die Coordinationscentren nahe bei den Muskeln, welche von ihnen beeinflusst werden. Bei der Honigbiene liegt das Centrum für die Saugbewegungen im Kopf, für die Bewegungen der Füsse im Bruststück, für die Stechbewegung im Hinterleib. Schneidet man einem Blutegel Kopf und Schwanzende ab, so macht er Kriechbewegungen, wenn man ihn auf einen festen Gegenstand setzt; er macht Schwimmbewegungen, wenn man ihn in Wasser setzt. Hält man das hintere Ende frei in der Luft zwischen den Fingern fest, so macht das vordere Ende nach allen Richtungen Bewegungen, als ob es einen festen Gegenstand sucht. Ein nicht zu kleines abgeschnittenes Schwanzende saugt sich, wenn man es auf den Tisch setzt, mit dem Saugnapfe fest. Nur das Athemcentrum liegt, wenigstens bei der Biene, weit entfernt von den Athemmuskeln, im Kopfe.

IV. Ein Wachsspaltungsferment im Darm der Larve der Wachsmotte.

Ich setzte Larven der Wachsmotte in eine Schachtel, in der sich bloss Blüthenstaub befand, andere setzte ich in eine Schachtel, die bloss Wachs enthielt, noch andere setzte ich in eine solche, in welcher sich Wachs und Blüthenstaub befand. Die Larven der beiden ersten Schachteln frassen wenig, spannen in den ersten Tagen lockere Gänge, und hörten dann auf zu spinnen. Sie wuchsen nicht und starben nach einigen Monaten. Die Larven der dritten Schachtel spannen dichte Gänge, wuchsen, verpuppten sich, und verwandelten sich in Schmetterlinge. Es folgt hieraus, dass das Wachs für die Thiere Nahrungsmittel ist. Da es nicht in Form einer Emulsion resorbirt werden konnte, so bleibt wohl keine Annahme übrig als die, dass ein Spaltungsferment für Fette im Darm dieser Larven enthalten ist, ein Ferment, ohne welches das Leben dieser Thiere nicht bestehen könnte.

Ueber die Anwendung der Stromuhr unter Beihülfe des Peptons.

Von

Regas Nicolaides.

Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig.

Zielt die Untersuchung des arteriellen Blutstroms auf die Ermittelung der veränderlichen Kräfte, welche demselben zum Vollbringen mannigfacher Leistungen zu Gebote stehen, so muss selbstverständlich zu der so oft ausgeführten Bestimmung des Druckes die der Stromstärke hinzutreten. Da zur Erfüllung der letzteren Forderung die Stromuhr ausreicht, so würde man von ihr gewiss einen häufigeren Gebrauch als bisher gemacht haben, wenn nicht so oft die Gerinnung des Blutes ihre Anwendung vereitelt und ihren Angaben die Zuverlässigkeit geraubt hätte. Durch die neuerlichst aufgefundene Eigenschaft des Peptons, dem in den Adern des Hundes kreisenden Blute die Gerinnbarkeit auf länger als eine Stunde hin zu nehmen, gestalten sich nun die Aussichten für die Benutzung des Instrumentes günstiger. Indess finden sich zu den gebotenen Vortheilen auch Beschränkungen ein; denn indem das Pepton die Gerinnung verzögert, setzt es auch den Druck des Blutes herab, und ändert somit das Maass der Stromstärke, welches vor seiner Anwendung bestanden hatte. Der hierdurch bewirkte Verzicht auf die sogenannten Normalwerthe ist zwar zu bedauern, doch bleibt dem Versuche immer noch das wichtigste Gebiet unverschlossen: die Ermittelung der Bedingungen, durch welche die Lebhaftigkeit des Stromes willkürlich gehoben und gesenkt werden kann; nach dieser Richtung hin wird aber ebenfalls erst durch die Erfahrung zu entscheiden sein, ob und in wie weit das Pepton die normalen Grenzen der willkürlichen Variation beengt habe.

Um hierüber Aufschluss zu erhalten, habe ich eine Reihe von Versuchen angestellt, bei deren Ausführung ich im Wesentlichen die Rathschläge befolgte, welche in der Abhandlung von Dogiel[1] vorgeschrieben sind; nur in soweit bin ich von denselben abgewichen, als sie durch die veränderten Umstände bedingt wurden.

Da mit der Einverleibung des Peptons auf die Fortdauer der früheren Stromstärke nicht mehr gerechnet werden kann, so tritt die Rücksicht in den Hintergrund, durch die Einsetzung der Stromuhr die Dimensionen der benutzten Arterie möglichst wenig zu ändern; man kann jetzt, wo es sich nur um relative Werthe handelt, den Verbindungsstücken zwischen der Arterie und den Kugeln eine Gestalt geben, die den Einsatz der Canülen erleichtert und die Sicherheit der Stellung des Instrumentes vermehrt. — Eine andere Abweichung von dem früher geübten Verfahren bezieht sich auf die Füllung einer der beiden Kugeln mit Blut. Weil nach der Einspritzung des Peptons jeder Hautschnitt sehr schwer stillbare Blutungen veranlasst, so müssen vor der Einführung des die Gerinnung hemmenden Mittels die beiden Canülen eingebunden und das zu jeder derselben führende Arterienende vorläufig unterbunden werden. Nach dieser Vorbereitung wird die nöthige Menge Peptons — 0·3 ^{grm} auf 1 Kilo des Thieres — in 0·5procentiger Na Cl-Lösung durch die Vena jugularis eingespritzt und dann der drehbare Kugelapparat noch vollkommen leer in die Canülen eingesteckt, wobei das senkrechte Röhrchen offen bleibt, welches am höchsten Punkt des Apparates den Binnenraum desselben mit der Luft in Verbindung setzt. Stehen die Kugeln fest, so öffnet man vorsichtig die Ligatur am centralen Stumpf des Gefässes, damit sich die in ihm befestigte Canüle bis zum Beginn der zugehörigen Kugel mit Blut füllt. Ist dieses erreicht, so wird die Ligatur wieder geschlossen und nun mit einer gekrümmten Pipette, deren Spitze durch das obere senkrechte Röhrchen bis in den Hohlraum der central gelegenen Kugel reicht, diese letztere mit Oel gefüllt. Ist auch dieses vollbracht, so öffnet man nun die Ligatur des peripheren Arterienstumpfes, damit sich aus ihm die andere der beiden Kugeln mit Blut erfüllt. Hat das Blut alle Luftblasen aus dem Hohlraum der Kugeln verdrängt, so wird das senkrechte Röhrchen verschlossen und der Versuch kann nach Eröffnung der central gelegenen Ligatur beginnen.

Ob und wie die Stromstärke durch eine willkürliche Aenderung des bisherigen Zustandes beeinflusst worden sei, wird sich nur aus der Vergleichung mit dem gesetzlichen Verlaufe der Strömung erschliessen lassen, welche vor dem künstlichen Eingriff innegehalten wurde. Durch die Be-

[1] *Arbeiten des physiologischen Instituts zu Leipzig.* 1867. — *Berichte der Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig.* 1867.

folgung der selbstverständlichen Voraussetzung erhalten wir am Beginn und während der Dauer eines Versuchs Gelegenheit, zu erfahren, ob auch an dem mit Pepton beruhigten Hunde die Stromstärke auf- und abschwankt, trotz der Unbeweglichkeit der Glieder und der regelmässigen Wiederkehr von Athem und Pulsschlag.

Als ein häufiges Vorkommen bezeichnet Dogiel die vom Beginn des Versuches mit seiner Dauer fortschreitende Abnahme der Geschwindigkeit des Stromes. An der Arteria carotis ist mir die gleiche Erscheinung seltener, an der Arteria cruralis häufiger begegnet. Eine Erklärung hierfür, die man früher nicht zu geben wusste, liegt gegenwärtig nach den Erfahrungen von Mosso und Esmarch auf der Hand. Zwischen dem Verschluss der Arterie, in welche die Stromuhr angesetzt wurde und dem Wiederbeginn des Fliessens durch die letztere liegt eine Zeitdauer von Minuten, die vollkommen genügt um die Wand der kleinen Gefässe zu erschlaffen. Auch ist es begreiflich, dass die Nachgiebigkeit der Wand in den Gefässen des Kopfes sich langsamer als in denen des Beines einstellt; der erstere Bezirk empfängt aus mehrfachen Stämmen seinen Zufluss, deren Zweige sich vielfach ineinander öffnen; er wird, wie der Druck am peripheren Stumpfe der zugebundenen Arteria carotis lehrt, nirgends blutleer, wenn nur eine seiner grossen Arterien unterbunden ist. Weniger günstig ist der Unterschenkel nach Verschliessung der Arteria cruralis am Oberschenkel gestellt. Dass die erschlaffende Wirkung der Blutleere auch noch nach der Einspritzung von Pepton zur Geltung kommt, ist immerhin beachtenswerth, Beispiele, welche den Einfluss des unterbrochenen Stromes erläutern, werde ich nachher beibringen. —

Auf einen anderen Vorgang innerhalb der Gefässe als den eben erwähnten weisen die Fälle hin, in welchen die Stromstärke mehr und mehr bis fast zum Verschwinden in einer Zeit abnimmt, die vom Beginn des Versuches um viele Minuten absteht. Abgesehen davon, dass sich dieses Sinken erst einfindet, nachdem das Blut durch das betreffende Gebiet längere Zeit geflossen, ist es dadurch von dem früher erwähnten verschieden, dass die Stromstärke nicht von einem ungewöhnlich hohen, sondern von einem sehr mässigen Werthe die absteigende Richtung einschlägt. Ein auffallendes Beispiel giebt die folgende Beobachtung.

Gewicht des Hundes 4·5 Kilo; beiderseits die Halsstämme der N. sympathicus durchschnitten. Die Stromuhr sitzt innerhalb der Arteria carotis dextra.

Vier und eine halbe Minute vom Beginn der Beobachtung an gerechnet war das Blut ununterbrochen geflossen. Das Blutvolum, welches sich in je 1 Secunde durch die Kugeln bewegte, schwankte, wenn der rechte N. sympathicus ruhte, zwischen 0·55 und 0·68 ^{Ccm} und während der Erregung

des Nerven zwischen 0·38 und 0·41 Ccm. Von der genannten Zeit an verlief die Stromstärke folgendermaassen:

Zum Verständniss der Zahlen sei bemerkt: In der oberen Linie steht die Zeit in Secunden, deren Anfang von dem Beginn der Bestimmung gerechnet wird, die zuerst in der zweiten Linie steht. Die Zahlen hinter dem Worte „Stromstärke“ geben die Blutmenge in Cubikcentimetern an, die in je einer Secunde während des darüberstehenden Zeitraumes durch die Arteria carotis geflossen sind. Da in je einem solchen Zeitraume eine Kugel der Stromuhr mit Blut gefüllt wurde, so ist die Stromstärke der Quotient aus dem Inhalte der Kugel durch die zu ihrer Füllung verbrauchte Zahl von Secunden. In der dritten Reihe stehen die zu den darüberstehenden Stromstärken gehörigen mittleren Blutdrücke in Millimetern Hg.

Zeit	von 0 bis 15	bis 40	bis 68	bis 171 Secunden.
Stromstärke	0·41	0·24	0·22	0·06 Ccm.
Blutdruck	104	102	106	100 mm Hg.

Da die ungewöhnlich langsame Strömung durch ein Gebiet, dessen wesentlichster Vasomotor gelähmt war, den Verdacht einer zufälligen Verstopfung weckte, so wurde vor die Nase des Thiers ganz vorübergehend Ammoniakflüssigkeit gehalten, jetzt ergaben sich:

Zeit	von 0 bis 7	bis 25	bis 35	bis 47	bis 62	bis 81	bis 111 Secunden.
Stromstärke	0·87	0·68	0·61	0·51	0·41	0·32	0·20 Ccm.
Blutdruck	120	128	134	124	126	122	134 mm Hg.

Als von neuem das Ammoniak vor die Nase gehalten ward, stieg die Stromstärke auf 1·52 Ccm.

Weit häufiger als nach einer Richtung hin, so häufig, dass man es als Regel betrachten kann bewegt sich die Stromstärke zwischen einem Auf- und Absteigen. Als besonders hervorragende Beispiele dieses Verhaltens lege ich folgende Zahlen vor.

Körpergewicht 5 Kilo; rechts am Halse der N. sympathicus durchschnitten, die Stromuhr in Arteria carotis dextra, die linke Arteria carotis unterbunden.

Zeit	von 0 bis 14	bis 18	bis 28	bis 36	bis 39	bis 55	bis 60	bis 64	bis 69	bis 77	bis 84	bis 88 Sec.
Stromstärke	0·87	1·52	1·22	1·52	1·74	1·52	1·22	1·52	1·22	1·52	1·22	1·52 Ccm.
Blutdruck	84	80	88	94	98	92	91	84	84	84	88	82 mm Hg.
Pulse in 1 Sec.	2·3	3·0	2·2	2·2	3·0	2·5	2·8	2·5	2·0	2·5	2·6	2·5.

Und später an demselben Thiere nach Wiedereröffnung der linken Arteria carotis:

Zeit	von 0 bis 5	bis 10	bis 15	bis 21	bis 29	bis 36	bis 46	bis 70 Secunden.
Stromstärke	1·36	1·22	1·11	1·02	0·76	0·94	1·22	1·02 Ccm.
Blutdruck	82	80	76	74	86	76	86	84 mm Hg.

Dass sich die Schwankung nicht auf die Arteria carotis beschränkt, beweist folgendes der Arteria cruralis entnommene Beispiel:

Körpergewicht 10·5; Kilo N. ischiadicus durchschnitten, die Stromuhr sitzt in der Arteria cruralis unterhalb der Arteria profunda femoris.

Zeit	von 0 bis 8	bis 14	bis 25	bis 33	bis 43	bis 54	bis 64 Secunden.
Stromstärke	0·76	1·02	1·11	0·76	0·61	0·55	0·61 Ccm.
Blutdruck	90	86	84	86	88	86	88 mm Hg.
Pulse in 1 Sec.	2·7	2·5	2·7	2·7	2·8	2·7	2·7.

Daran zu denken, dass die veränderlichen Drücke und Pulszahlen den Grund für die Schwankungen der Stromstärke abgeben, lässt der vollkommen unabhängige Verlauf der drei Variablen nicht zu. Aber ebenso wenig kann in einem Theile der vorgelegten Beobachtungen die Veränderlichkeit der Stromstärke auf einen Wechsel des Gefässtonus bezogen werden, welcher in dem verlängerten Marke seinen Ursprung findet. Einen solchen anzunehmen ist dann gewiss nicht zulässig, wenn nach der Durchschneidung der beiden N. sympathici cervicales die Stromstärke in dem Maasse abnimmt, wie es in der auf S. 167 Zeile 12 vorgeführten Beobachtung geschah, denn dann hätte durch die Gefässe, deren Nerven gelähmt waren, noch immer ein beträchtlicher Strom fliessen müssen. An welchen Zweigen und aus welchen Gründen der wechselnde Widerstand auftritt, darüber gewährt die Stromuhr keinen Aufschluss. Das Einzige, was sie in diesem Falle zu leisten vermag, liegt in der von ihr ausgehenden Aufforderung, nach den Ursachen zu suchen, welche die Schwankungen der Stromstärke bedingen, und bei der Aufdeckung derselben insofern behülflich zu sein, als man aus ihren Angaben schliessen kann, ob der eine oder andere Eingriff, den man in die Verbreitung dieses oder jenes Zweiges eines Arterienstammes unternimmt, die Schwankung der Stromstärke erhöht oder erniedrigt. —

Wegen der Bedeutung, welche für die Geschwindigkeit der Strömung innerhalb eines Gefässgebietes die Lähmung und Reizung der ihm zugehörigen Nerven besitzt, schien es mir von besonderen Belang, zu erfahren ob die Folgen der letzteren sich auch an einem mit Pepton behandelten Thiere nachweisen liessen. Von vornherein waren Bedenken nicht abzuweisen; denn aus der Eigenschaft des Peptons den Blutdruck so bedeutend zu erniedern, folgte unmittelbar, dass dasselbe einen oder alle Theile der Einrichtungen schädige, welche an der Herstellung des Tonus der Gefässwand betheiligt sind. Offenbarten sich aber, wenn auch in abgeschwächtem

Maasse, die Folgen der Reizung in der Stromstärke, so würde ein Mittel gefunden sein, dass über die Qualitäten der Nervenwirkung in mehrfacher Beziehung einen vollkommeneren Aufschluss verspricht, als die Messung der Temperaturen und der Blutung aus den Venen, aus denen man gegenwärtig auf eine Aenderung der Stromstärke schliesst. Nach den Ergebnissen der wenigen von mir angestellten Beobachtungen ist der Anwendung der Stromuhr bei Thieren, deren Blut die Gerinnungsfähigkeit eingebüsst hat, auch nach dieser Richtung hin eine Zukunft sicher.

Einige Male fügte ich die Stromuhr in die Arteria cruralis und zwar in den Abschnitt derselben, der vom Herzen aus gerechnet jenseits des Ursprungs der Aeste für den oberen Theil der Strecker des Unterschenkels und der Anzieher des Oberschenkels gelegen ist. Vor der Einsetzung der Stromuhr war der N. ischiadicus durchschnitten und der untere Stumpf desselben in eine Ebonitelektrode gelegt worden. Gemäss der Vorbereitungen konnte die Stromstärke vor, während und nach der Reizung des N. ischiadicus gemessen werden. Von mehreren nach diesem Plane durchgeführten und untadelhaft gelungenen Versuchen theile ich die Ergebnisse nur eines mit, welcher sich über die Dauer von 30 Minuten erstreckte. Um das Wesentliche seines Inhaltes deutlicher hervortreten zu lassen, bediene ich mich bei seiner Darstellung einer Abkürzung.

Der Theil des Versuches, von welchem zunächst gehandelt wird, zerfällt in 16 Abschnitte; während der einen Hälfte derselben war der N. ischiadicus gereizt worden und während der anderen in Ruhe geblieben. Da sich die Reizungen und die Ruhezeiten in regelmässigem Wechsel folgten, so kann die zwischen je zweien der ersteren gelegene Periode als die der Nachwirkung des Reizes angesehen werden. — Während der Reizungs- und Ruhezeiten floss das Blut fortdauernd durch die Kugeln, und es wurde somit während jeder Periode eine grössere Zahl gefüllt. Statt der Angabe aller aus den Einzelbestimmungen abgeleiteten Stromstärken, gebe ich nur je zwei, deren erste aus der während eines Abschnitts zuerst und deren zweite aus der je zuletzt gefüllten Kugel abgeleitet ist. Bei diesem Verfahren bleiben allerdings die mannigfachen Schwankungen unberücksichtigt, welche die Stromstärke in der Mitte zwischen den beiden Endgliedern einer solchen Reihe erfuhr; in dem gegenwärtigen Fall erwächst jedoch hieraus keine Trübung des Resultates, weil beim Uebergang aus dem einen in den anderen Zustand des Nerven jedesmal eine sprungweise Aenderung der Stromstärke hervortrat und sich dann unter einem Auf und Nieder gegen die andere der angegebenen Stromstärken hinbewegte. Im übrigen werden die Zahlen durch die Ueberschriften verständlich sein.

Körpergewicht 10 Kilo; die Stromuhr in der Arteria cruralis unterhalb der Arteria profunda, N. ischiadicus durchschnitten.

Vor der ersten Reizung betrug die mittlere Stromstärke 0·48 Ccm, der arterielle Druck 66 mm Hg.

Nummer der Abschnitte.	Während der Reizung Dauer.	Stromstärke.	Nummer der Abschnitte.	Während der Reizung. Dauer.	Stromstärke.
1. a	88 Sec.	von 0·24 auf 0·55 Ccm.	1. b	42 Sec.	von 0·94 auf 0·76 Ccm.
2. a	29 „	„ 0·34 „ 0·55 „	2. b	57 „	„ 0·94 „ 0·76 „
3. a	27 „	„ 0·35 „ 0·61 „	3. b	31 „	„ 1·02 „ 0·87 „
4. a	27 „	„ 0·36 „ 0·61 „	4. b	45 „	„ 1·22 „ 1·02 „
5. a	85 „	„ 0·34 „ 0·87 „	5. b	49 „	„ 1·22 „ 1·22 „
6. a	26 „	„ 0.52 „ 1·02 „	6. b	48 „	„ 1·52 „ 1·22 „

In Worte übersetzt sagen die Zahlen aus, dass jedesmal mit der beginnenden Tetanisirung des N. ischiadicus die Stromstärke sogleich absinkt, dann aber während der weiter fortdauernden Reizung allmählich wieder ansteigt. Umgekehrt wächst nach der Ausschaltung des Nerven aus dem Inductionsstrome die Stromstärke sogleich bedeutend empor und sie sinkt dann während der dauernden Nervenruhe allmählich wieder herab. Das Maass mit dem beides während und nach jeder der aufeinander folgenden Reizungen geschieht, ist jedoch ein verschiedenes. Vergleicht man z. B. die Zahlen, die zur 2. und zur 6. Reizung gehören, miteinander, so sieht man, dass während der früheren Reizung die Stromstärke weniger emporsteigt, als während der späteren. Auffallender unterscheiden sich noch die Stromstärken in der Periode der Nachwirkung; unmittelbar nach dem Ende der 6. Reizung fliesst der Strom nicht nur weit mächtiger, er erhält sich auch auf einer höheren Stufe weit länger als nach der zweiten. Dass aber die Grösse und Dauer des rascheren Stromes während der Nachwirkung nicht in einer nothwendigen Beziehung zu der während der Reizung vorhandenen Strömung steht, ergiebt sich aus dem Vergleich der Nummern 3 und 4. Obgleich die Stromstärken während der Tetanisirung des Nerven sich sehr annähernd gleich verhielten, besass die Strömung in der Nachwirkung von 4 nach Stärke und Dauer ein merkliches Uebergewicht über 3.

Wie der Zusammenhang der aufgedeckten Erscheinungen zu begreifen sei, ob aus einer Steigerung des Tonus der Gefässwand dem eine Ermüdung folgte oder aus einer Mischung zweier im entgegengesetzten Sinne wirksamer Nervensorten müssen weitere Versuche erörtern. Für diesmal genüge der Nachweis, dass auch nach der Einführung des Peptons vom gereizten N. ischiadicus aus der Blutstrom des Beines ähnlich wie vor derselben beeinflusst werden kann.

Noch zu einem anderen Versuche schienen mir die Verhältnisse sehr günstig. Obwohl derselbe seinem Plane nach nicht an dieser Stelle stehen sollte, so will ich ihn doch, um Wiederholungen zu meiden, hier einreihen.

Länger dauernde Unterbrechung des Stromes bedingt, wie bekannt, die Lähmung der Gefässwand; da der vorliegenden Beobachtung gemäss nach den letzten Reizungen eine solche schon ausgeprägt vorhanden war, so erhob sich die Frage, ob sie durch Hinzusetzung einer längern Verstopfung des Stromes noch gesteigert werden könne.

Zu dem Ende wurde nach Verfluss der Periode 6. b der N. ischiadicus zum 7. Male während 72 Secunden gereizt; die Stromstärke sank im Beginn sogleich auf 0·42 Ccm und erhob sich noch während der Dauer der Reizung auf 1·02 Ccm. Als Ruhe des Nerven eintrat, stieg die Stromstärke sogleich auf 1·52 Ccm. Nachdem dieses festgestellt war, wurde der Strom 5 Minuten hindurch verstopft, und dann mit der Messung wieder begonnen. Die Stromstärke, welche jetzt vorhanden war, betrug 1·52 Ccm, somit ebensoviel als vor der Strompause. Jetzt wurde der Nerv von neuem zum 8. Male gereizt; während der 37 Secunden, in denen dieses geschah, sank die Stromstärke anfangs auf 0·43 Ccm und erhob sich allmählich auf 0·87 Ccm. In der folgenden Ruhe von 16 Secunden hielt sie sich gleichmässig auf 1·52 Ccm. Als dann der Nerv zum 9. Male mit Erfolg — Stromstärke 0·51 Ccm — gereizt war und darauf 12 Secunden geruht hatte — Stromstärke 1·52 Ccm — wurde die Arterie 10 Minuten hindurch geschlossen; beim Wiederbeginn des Fliessens betrug die Stromstärke 36 Secunden hindurch nur noch 1·02 Ccm. Anstatt sich zu erhöhen hatte sich sonach die Geschwindigkeit des Fliessens gemindert, zum Zeichen, dass die Nachwirkung des Reizes sich kräftiger als die Stromlosigkeit geltend macht. Um jedoch hierüber volle Sicherheit zu erhalten, wurde der Nerv zum 10. Male gereizt, wodurch der frühere Erfolg erzielt wurde. Während der Reizung von 31 Secunden hielt sich die Stromstärke zwischen 0·44 und 0·76 Ccm, in der Nachwirkung ging sie auf die früher vorhandene Zahl 1·52 Ccm hinauf.

Da die Reizung der N. ischiadicus von der Bewegung einer grösseren Anzahl quergestreifter Muskeln begleitet wird, so darf das bei ihr gewonnene Resultat nicht für hinreichend zu dem Beweise erachtet werden, dass nach der Einspritzung des Peptons die erregten Vasomotoren die Lichtung der Gefässe noch zu verengen vermögen. Eine Tetanisirung des sympathischen Halsstammes wird die gewünschte Auskunft jedenfalls unzweideutiger gewähren. Dem Verlaufe gemäss, welchen die Aenderung des arteriellen Blutdruckes nach der Einspritzung von 0·3 grm Pepton auf 1 Kilo Körpergewicht nimmt, schien mir die Aussicht durch Reizung des N. sympathicus ein positives Ergebniss zu gewinnen günstiger, wenn dieselbe erst dann vorgenommen wurde, nachdem der Blutdruck von seinem niedersten Stande sich wieder auf 90 bis 100 mm Hg. gehoben hat. Der Zeitpunkt, in dem dieses geschah, konnte mit um so grösserer Ruhe abgewartet werden, als sich zu ihm die Gerinnbarkeit des Blutes noch nicht wieder hergestellt hat.

Die folgenden Zahlen stellen den Befund der an zwei verschiedenen Thieren vorgenommenen Reizungen des N. sympathicus dar.

Körpergewicht des Hundes 4·5 Kilo; die Stromstärke wird in der rechten Arteria carotis gemessen. Beiderseits war der Halsstamm der N. sympathicus durchschnitten. Die Reizung des rechten Nervenstammes wird ausgeführt.

	Vor der Reizung.	Während der Reizung.			Nach der Reizung.		
Zeit	von 0 bis 45	bis 55	bis 69	bis 99	bis 110	bis 120	bis 129 Sec.
Stromstärke	0·68	0·61	0·44	0·41	0·55	0·61	0·68 Ccm.
Mittlerer Blutdruck	95	112	118	104	108	106	104 mm Hg.

Körpergewicht des Hundes 5 Kilo; Stromuhr in der Arteria carotis dextra. Beiderseits der Halsstamm des Nervus sympathicus durchschnitten. Reizung des rechten Nervenstammes.

	Vor der Reizung.		Während der Reizung.			Nach der Reizung.		
Zeit	von 0 bis 32	bis 41	bis 62	bis 81	bis 96	bis 109	bis 142	bis 214 Sec.
Stromstärke	0·71	0·68	0·29	0·32	0·41	0·47	0·55	0·51 Ccm.
Mittl. Blutdruck	108	108	124	124	124	120	110	104 mm Hg.

Der Erfolg der Reizung ist unzweideutig; somit hebt das Pepton die Reizbarkeit der vasomotorischen Werkzeuge nicht auf. Ob es dieselbe nicht schwächt mag dahin gestellt bleiben; unbeschadet des Zweifels, ob sich während der Peptonie ein Maass für die volle Wirkung eines Vasomotors gewinnen lasse, jedenfalls wird man aus den Aenderungen, welchen die Stromstärke während der Reizung eines Nerven erfährt, zu erkennen vermögen, ob er in die Classe der Gefäss verengenden einzurechnen sei.

Reizungen der sensiblen Nerven rufen im Gebiete der Aorta ebenso grosse als bekannte Wirkungen hervor; sie erheben den Druck und steigern die Geschwindigkeit des Stromes zu und von dem Herzen und vermehren häufig die Röthe des Bezirks in welchem sich der gereizte Nerv verbreitet. Durch die Gefässe des Ortes von welchem die Reizung ausgeht, muss hiernach ein rascher Strom fliessen; ob eine Bestätigung hierfür durch die Stromuhr während der Peptonie zu gewinnen sei, schien mir des Versuches werth. Zu dem Ende wurde die Stromuhr in die rechte Carotis gesetzt; die Stromstärke längere Zeit hindurch beobachtet, dann ein Schwämmchen, getränkt mit starker Ammoniaklösung, ein bis zwei Secunden hindurch vor die Nase des Thieres gehalten. Den Hunden, welche zu solchen Versuchen dienten, war der Halsstamm des N. sympathicus, entweder nur auf der Seite wo die Stromuhr stand oder zugleich auf der anderen durchschnitten.

Körpergewicht des Hundes 5 Kilo; rechter N. sympathicus durch-

schnitten, die Stromuhr in der rechten Carotis. Vor der Einwirkung des Ammoniaks schwankte während 143 Secunden die in je einer Secunde durch die Stromuhr geflossene Blutmenge zwischen 0·94 und 0·68 Ccm. Der arterielle Druck bewegte sich zwischen 98 und 110 mm Hg. Die Pulszahl in einer Secunde zwischen 2·5 und 2·0 Schlägen. Nach der Einwirkung des Ammoniakdunstes traten folgende Erscheinungen ein:

Zeit	von 0 bis 5	bis 8	bis 11·5	bis 16	bis 26	bis 32	bis 79 Secunden.
Stromstärke	1·22	2·03	1·74	1·36	1·22	1·02	0·87 Ccm.
Arterieller Druck	100	118	110	108	100	100	96 mm Hg.
Pulszahl in 1 Sec.	1·6	2·3	2·0	1·5	2·4	2·5	2·4.

Unmittelbar nach Vollendung dieser Beobachtung liess man den Ammoniakdunst von neuem einwirken.

Zeit	von 0 bis 4·5	bis 8	bis 20	bis 29·5	bis 53·5	bis 88 Secunden.
Stromstärke	1·36	1·74	1·52	1·27	1·02	0·87 Ccm.
Arterieller Druck	100	118	116	112	103	95 mm Hg.
Pulszahl in 1 Sec.	1·5	2·1	2·0	2·2	2·3	2·3.

Nachdem die vorstehenden Beobachtungen gesammelt waren, wurde die Arteria carotis der linken Seite verschlossen und alsdann während 50 Secunden die Messung fortgeführt. In dieser Zeit schwankte die in je einer Secunde durch die rechte Arteria carotis geflossene Blutmenge zwischen 1·02 und 1·22 Ccm, der arterielle Druck zwischen 104 und 120 mm Hg., die Pulszahl in je einer Secunde zwischen 2·0 und 2·8 Schlägen. Nach Einwirkung des Ammoniakdunstes ergab sich:

In der Zeit	von 0 bis 8	bis 14	bis 17·5	bis 25·5	bis 30	bis 35 Secunden.
Stromstärke	1·52	2·03	1·74	1·52	1·22	1·11 Ccm.
Arterieller Druck	141	146	140	134	118	116 mm Hg.
Pulszahl in 1 Sec.	2·0	2·3	2·0	2·5	2·8	2·3.

Gewicht des Hundes 4·5 Kilo; Halsstamm des N. sympathicus beiderseits durchschnitten, Stromuhr in der rechten Arteria carotis. In 76 Secunden, welche der Einwirkung des Ammoniaks vorausgingen, sank die in je einer Secunde durch die Stromuhr geflossene Blutmenge von 0·51 auf 0·20 Ccm herab und der Druck stieg von 124 auf 134 mm Hg. Als der Dunst des Ammoniak auf die Nase wirkte, erhob die Stromstärke sich sogleich auf 1·52 Ccm und der arterielle Druck auf 140 mm Hg.

In Folge der sensiblen Reizung, welche zunächst die Nasenschleimhaut betroffen hatte, mehrte sich der Zufluss zum Kopfe, wie es die vorerwähnte Annahme verlangt. Ueber die Ursache der rascheren Strömung giebt die erste Beobachtung des ersten der beiden Versuche den weiteren Aufschluss,

dass sie unabhängig von der Steigerung des arteriellen Drucks bestehen kann, sie muss also in einer Ausweitung der Strombahn zu suchen sein. Für die Erschlaffung der Gefässwand kann aber eine reflectorisch bewirkte Lähmung des N. sympathicus nicht verantwortlich gemacht werden wegen der Durchschneidung desselben. Zur Wahl stehen demnach nur eine unmittelbare Wirkung des ätzenden Dunstes auf die Gefässwand oder eine Erweiterung des Strombettes durch Reflexe auf erweiternde Gefässnerven.

Zur Beantwortung einer dem Arzte wichtigen Frage, wie weit in zwei durch Anastomosen verbundenen Gebieten der gehemmte Zufluss des einen — des unterbundenen — Stammes durch den Strom des offengebliebenen ersetzt werden kann, vermag die Stromuhr einen Beitrag zu liefern. Gesetzt, einer der mehrfachen grossen Zuflüsse zu einem anastomosirenden Gebiete, sagen wir gleich eine der Carotiden, sei zugeschnürt, so wird, wenn den hierdurch entstandenen Ausfall die offen gebliebene decken soll, in ihr der Strom anschwellen müssen, vielleicht sogar nahe hin bis auf das doppelte des Maasses, welches vor dem Verschluss des anderseitigen Gefässes durch sie floss. Nach den zahlreichen Erfahrungen über den Druck, welche im peripheren Stumpfe der unterbundenen Carotis vorliegen, müssen wir uns ihre Aeste reichlich mit Blut gefüllt denken; denn oft steht in dem Manometer das mit dem todten Arm der Carotis verbunden ist, der Druck nur um 10 bis 20 ^{mm} Hg. niedriger als zu der Zeit, wo der Strom noch unmittelbar vom Herzen aus an die zur Messung benutzte Stelle gelangte, und es prägen sich in ihm die Schwankungen des Pulses und der Athmung aus. Die Füllung, auf die wir hier stossen, kann von der zweiten Carotis oder der gleichseitigen Vertebralis herrühren. Nach seinen Beobachtungen hatte sich Dogiel für die letztere Annahme erklärt; an den Thieren mit dem ungerinnbaren Blut bot sich, weil sie der Beobachtung auf weit längere Zeiten zugänglich bleiben, eine günstige Gelegenheit zur weiteren Beleuchtung der Frage. Ein erster Versuch sagte folgendes aus. In der Mittheilung seines Resultats bedeutet Stromstärke das Mittel aus den mehrfachen Bestimmungen, welche in der voranstehenden Zeit vorgenommen wurden.

Körpergewicht 4 Kilo; Stromuhr in die A. carotis dextra, A. carotis sinistra offen oder geschlossen.

Linke A. carotis.	Rechte A. carotis.			
	Versuchsdauer in Secunden.	Mittlere Stromstärke.	Pulszahl in einer Secunde.	Blutdruck in mm Hg.
Offen	82	0·07	1·1	105
geschlossen	29	0·42	1·2	90
offen	160	0·27	1·4	108
geschlossen	255	0·07	—	100

Linke A. carotis	Rechte A. carotis.			
	Versuchsdauer in Secunden.	Mittlere Stromstärke.	Pulszahl in einer Secunde.	Blutdruck in mm Hg.
Offen	126	0·05	—	96
geschlossen	54	0·45	—	102
offen	149	0·24	—	118
geschlossen	121	0·15	—	112
offen	394	0·03	—	120

Der Versuch giebt eine sehr unbestimmte Auskunft; öfter, ja meist hat sich zwar während der Zeit, in welcher die Carotis geschlossen war, der Strom durch die Stromuhr beschleunigt erwiesen, aber eine solche Steigerung will wenig bedeuten in Hinsicht auf die viel grösseren Abweichungen, welche die verschiedenen Perioden gleichen Zustandes darbieten, sei es, dass die Stromstärken beim Offenstehen oder beim Schluss der andersseitigen A. carotis mit einander verglichen werden. Eine Erklärung der scheinbaren Widersprüche des Versuchs lag, wie es schien, in dem ungleichen Contractionsgrade, in dem sich die Muskeln der Arterien auf der Kopfseite befanden, zu welcher sich das Blut der Stromuhr bewegte. Diese Ueberlegung bewog mich, den Versuch an einem anderen Thiere zu wiederholen, dem der N. sympathicus auf der Seite, auf welcher auch die Messung der Stromstärke vorgenommen wurde, durchschnitten war. Sein Ergebniss lautet:

Körpergewicht 5 Kilo; Stromuhr in die A. carotis dextra, A. carotis sinistra offen oder geschlossen, Halsstamm des N. sympathicus rechts durchschnitten.

Linke A. carotis.	Rechte A. carotis			
	Versuchsdauer in Secunden.	Stromstärke.	Pulszahl in einer Secunde.	Blutdruck in mm Hg.
Offen	18	0·34	2·6	100
geschlossen	86	1·34	2·3	90
offen	69·5	1·06	2·3	86
geschlossen	98	1·38	2·4	90
offen	188	0·84	2·4	80

Ganz regelmässig hebt sich nun der Strom in der rechten A. carotis sehr beträchtlich empor, wenn die linke verschlossen wird, und darum darf es wohl als sicher zu betrachten sein, dass sich von der rechten Seite aus auch das Blut in das Stromgebiet der linken unterbundenen A. carotis ergossen habe.

Der zweite Versuch zusammengehalten mit dem ersten führt zu dem Schluss, dass aus dem Bau der Gefässe, mit welchem uns das Messer an

der Leiche bekannt macht, wohl zu erkennen ist, ob der Strom möglicher Weise nach einer gegebenen Richtung hin fliessen könne, nicht aber, dass er das, was ihm unter Umständen gestattet ist, auch wirklich vollführen müsse.

Für den Gebrauch der Stromuhr, fliessen aus der Anwendung des Peptons ersichtlich die grössten Vortheile; durch sein Hinzukommen schränkt sich das Gebiet, auf dem die Stromuhr Dienste leisten kann, weit weniger als zu fürchten war ein, dagegen gewinnen die Resultate an Reinheit und Schärfe. Letzteres gilt natürlich nur dann, wenn das Pepton die Wirkung, um derentwillen es angewandt wurde, voll und ganz gethan hat. Bedauerlicher Weise ist das nicht immer der Fall. Zuweilen hebt das Pepton die Gerinnbarkeit des Blutes gar nicht auf und öfter nicht auf so lange Zeit, als sie zur Durchführung einer methodischen Versuchsreihe durchaus nothwendig ist, selbst wenn alle Maassregeln zu ihrer raschen Vollendung getroffen waren. Hierin liegt die Schwäche des Verfahrens, deren Beseitigung anzustreben ist durch ein genaues Studium der Bedingungen, unter welchen man auf eine dauerhafte Wirkung des Peptons rechnen kann. Sollte es den fortgesetzten Bemühungen gelingen, die Tücken des Zufalls zu beseitigen, so würde die Bestimmung der Stromstärke leicht ausführbar und zu den Versuchen zu zählen sein, die zu zahlreichen Aufklärungen führen.

Die Bewegungen der Herzbasis von einem mit engumgrenzter Ectopia cordis behafteten Menschen.

Von

Dr. L. Brieger,

Privatdocent und Assistent der medicinischen Universitätsklinik zu Berlin.

Beobachtet in der speciell-physiologischen Abtheilung des physiologischen Instituts.

Der 33 Jahre alte Arbeiter Lorenz Adamczek liess sich am 27. April 1881 in die medicinische Universitätsklinik wegen weit vorgeschrittener Lungenphthisis aufnehmen. Sein Leiden soll sich im Laufe der letzten zwei Jahre schleichend entwickelt und in der allerjüngsten Zeit reissend zugenommen haben. Im April 1880 brachte Patient mehrere Wochen des quälenden Hustens wegen in einem Krankenhause zu. Daselbst entstand dicht an der Ansatzstelle der dritten linken Rippe an das Brustbein eine kleine Erhebung, aus der nach der künstlichen Eröffnung geringe Mengen dünnflüssigen Eiters hervorquollen.

Die klinische Besichtigung zeigte bei diesem Patienten einen exquisit phthisischen Habitus und über beiden oberen Lungenlappen die Zeichen der chronischen Pneumonie. Unmittelbar über der Stelle, wo der Knorpel der dritten Rippe mit dem Sternum zusammenfloss und zwar an dem oberen Rande dieses Knorpels präsentirte sich eine etwa rabenfederkieldicke Oeffnung, aus der zeitweise ein wenig seröser Eiter sich entleerte. Eine in diese Oeffnung eingeführte dicke Sonde drang leicht circa 2 ^{cm} in einen engen Gang vor, der senkrecht zur verticalen Körperaxe stand. Die Sonde stiess überall nur auf glatte Flächen, liess man dieselbe nun in der Fistelöffnung stecken, so gerieth sie, während die Athmung in Exspirationsstellung sistirte, in pulsatorische Bewegungen. Die äussere Fistelöffnung war um-

kleidet mit strahligem Narbengewebe, das adhärend auf dem Knochen aufsass.

Während des weiteren Spitalaufenthaltes änderten sich die Erscheinungen an den Lungen nicht wesentlich. Der Kräftezustand unseres Kranken hob sich zwar zeitweise, allmählich aber ging Patient seiner Auflösung entgegen unter den bei Phthisikern gewöhnlichen Symptomen, hektischem Fieber, Schweissen u. s. w. Auch die Fistelöffnung hatte sich, wie zeitweilige Sondirungen ergaben, in ihrem Volumen nicht verändert.

Aus dem Obductionsprotokoll, das die im Leben beobachteten Erscheinungen vollständig bestätigte, muss ich hier erwähnen, das neben der chronischen ulcerativen Phthisis der beiden oberen Lungenlappen nach Entfernung der Weichtheile über dem Sternum in der Höhe des oberen Randes der dritten linken Rippe in dem knorpeligen Theile des Brustbeines sich ein Defect zeigte, der beim Abpräpariren in eine Eiterhöhle führte, durch die der Ansatz der dritten Rippe abgelöst war. Unter das Sternum selbst reichte die Höhle noch wenige Millimeter. Durch den erwähnten Defect war, bevor die Section stattfand, genau in der Richtung des Fistelganges eine dicke Nadel bis auf die Wirbelsäule eingetrieben worden, und zeigte sich nun, als man nach Abtragung des Sternums den vorliegenden Herzbeutel eröffnet hatte, dass die Nadel den rechten Ventrikel durchbohrt hatte und zwar 1 ^{cm} nach links vom rechten Herzohr und 2 ^{cm} unterhalb des Conus pulmonalis. Der Herzbeutel war leer, eine Verbindung mit dem obengenannten Eiterherde bestand nicht. Das Herz war entsprechend der Grösse des Individuums sowohl makro- als mikroskopisch von normaler Beschaffenheit. Die Herzspitze ward nur vom linken Ventrikel gebildet.

Im Mai dieses Jahres wurde dieser Patient, während er sich verhältnissmässig wohl befand, einer sphygmographischen Untersuchung seines Herzens unterworfen, weil hier die verhältnissmässig seltene Gelegenheit geboten war, bei sonst unversehrtem Thorax die Bewegungen der Basis des Herzens zu studiren und mit den normalen Spitzenstossbewegungen zu vergleichen.

Diese Untersuchungen habe ich in der speciell-physiologischen Abtheilung des physiologischen Instituts mit gütiger Hülfe des Hrn. Professors Dr. H. Kronecker ausgeführt.

Die Marey'schen Kapseln, in der Grunmach'schen Modification angewendet, zeichneten die Bewegungen des Herzens in der üblichen Weise am Cylindersphygmographion auf, dessen Drehungsgeschwindigkeit durch den $^1/_{100}$ Secunden markirenden Zungenchronographen controlirt wurde. Die Spitzenstösse wurden von dem gewöhnlichen Tambour récepteur (mit Burdon-Sanderson'schem Dreifuss und Grunmach'scher Kuppelung) aufgenommen und dem ersten Tambour enrégistreur zugeleitet. Zur Basis des Herzens

führte von dem zweiten Tambour enrégistreur ein Luftrohr, welches in ein mit Kochsalzlösung gefülltes Glasröhrchen endigte, das genau in den Fistelgang passte. Die Flüssigkeit hielt sich noch im offenen Röhrchen auf dem unten abschliessenden Pericardialboden, pulsirte deutlich sichtbar mit dem Herzen während der exspiratorischen Ruhe; während der Inspiration wurden diese Pulse unmerklich, ebenso die Spitzenstosscurven kleiner.

Folgende Figuren (Fig. 1) zeigen facsimilirt die gewonnenen Curven: Die obere giebt die Spitzenstösse wieder, die untere die Bewegungen der Basis. Diese Curven zeigen auf den ersten Blick, dass die Bewegungen beider Herztheile im Allgemeinen in entgegengesetzter Richtung erfolgen, so dass die eine Curve das Spiegelbild des anderen darstellt.

Der Vorgang wäre also folgendermaassen zu denken: Es beginnen die Vorhöfe sich zu contrahiren, dementsprechend werden die erschlafften Kammern etwas ausgedehnt. Wir sehen die Spitze des Herzens gegen die Brustwand gedrängt. An der Basis zeigt sich zu dieser Zeit eine kleine Einbuchtung, welche vielleicht durch eine Zerrung seitens der Vorhöfe erfolgt, während die ausgebreiteten Klappensegel die Herzwand vor der Ausbuchtung schützen. Die Systole der Ventrikel verschiebt die Basis gegen die Spitze (Ceradini), welche hierdurch gegen die Thoraxwand gedrückt wird. Die Basis entfernt sich hierbei von der Brustwand, was an der Verminderung des Druckes an der explorirten Stelle erkannt wird. Die Form der Curven macht es wahrscheinlich, dass die negativen Ausschläge nicht von der Meiokardie herrühren. Der Spitzenstoss wird noch etwas verstärkt bez. verlängert oder in seinem Nachlasse aufgehalten durch den Rückdruck der Blutsäule oberhalb der geschlossenen Aortenklappen.

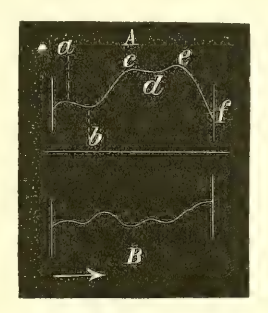


Fig. 1.

A Spitze.
B Basis.
a Vorhofscontraktion.
b Klappenschluss.
c Spitzenstoss.

Die einzelnen sichtbaren Schwankungen in der Curve waren folgender maassen zu deuten: *a* entspräche der Vorhofscontraction, *b* dem Schluss der Zipfelklappen, *c* dem Spitzenstosse, *d* dem Schluss der Semilunarklappen, *e* dem Rückstosse, *bc* der Zunahme der Systole, Dauer $^{14}/_{100}$ Secunde, *ce* dem Verharren der Systole auf der Höhe, Dauer $^{18}/_{100}$ Secunde, *ef* der Diastole, Dauer $^{11}/_{100}$ Secunde. Die Intensität dieser Stösse wird in mannigfacher Weise verändert durch die respiratorischen Bewegungen der Thoraxwand, welche in der einen Phase dem Herzen entgegengeführt, in der anderen

davon entfernt wird. So können alle ungleichen Combinationen der Stärke beider Anstösse der Spitze an die Brustwand entstehen und mannigfache Bilder der Curve mit zwei Wellen aufzeichnen, wozu folgende Facsimilia als Beispiele dienen mögen:

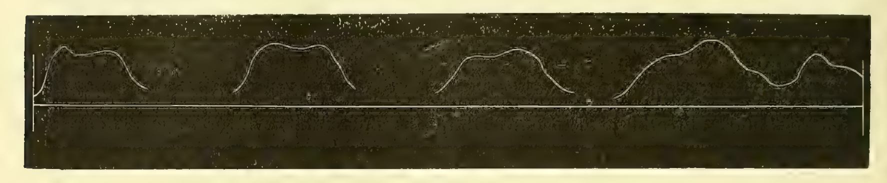


Fig. 2.

Die Stösse der Basis gegen die Brustwand bez. an die explorirende Flüssigkeitssäule sind im Allgemeinen viel schwächer und verschwinden daher während der Inspiration, indem die Thoraxwand vom Herzen sich abhebt.

Der hier angegebene Befund scheint mir darum von Werth, weil dies meines Wissens der erste Fall ist, in welchem eine wichtige Stelle eines menschlichen Herzventrikels der graphischen Untersuchung frei zugänglich geworden ist, ohne das eine Ektopie in grösserer Ausdehnung die normalen Verhältnisse gestört hätte.

Marey [1] beobachtete die Bewegungen eines menschlichen Herzens, welches durch einen angeborenen Defect des Diaphragma's in die Bauchhöhle geglitten war und durch die Bauchdecken leicht zu exploriren war. Grützner [2] sowohl wie Langendorf [3] untersuchten Herzen, bei denen ein grosser Theil der Thoraxwand fehlte, so dass, wie es scheint, auch die Spitze nicht den normalen Widerstand fand, überdies war in beiden Fällen localisirte Exploration der Basis und der Spitze nicht vorgenommen worden, was die Autoren selbst als einen Mangel empfinden. Nachdem diese Untersuchung bereits abgeschlossen war, sind von v. Ziemssen [4] an der von Grützner beobachteten Frau genau localisirte Explorationen mittels des Sphygmographen an verschiedenen Stellen der Ventrikel und Vorhöfe vorgenommen worden.

Betreffend der Deutung der einzelnen Curvenabschnitte ist hervorzuheben,

---

[1] *Travaux du Laboratoire etc.* T. III. 1877. p. 311. — *Circulation du sang.* 1881. p. 108.

[2] *Breslauer ärztliche Zeitschrift.* 1879. Nr. 21.

[3] *Ebenda.* 1880. Nr. 2.

[4] *Deutsches Archiv für klinische Medicin.* Bd. XXX. S. 1.

dass nach Landois und Grützner, die dem Spitzenstoss folgende Erholung durch den Schluss der Semilunarklappen verursacht werden soll, während wir mit Ceradini[1] annehmen, dass die Klappen sogleich nach Vollendung der Systole geschlossen werden und dass die zweite Erhebung der spannenden Erschütterung seitens der Aorta zuzuschreiben ist. Damit wäre auch gezeigt, dass nicht der Spitzenstoss selbst gemäss der Gutbrod'schen Hypothese vom Rückstoss verursacht wird.

[1] *Der Mechanismus der halbmondförmigen Klappen.* Leipzig 1872. S. 74.

Gentilli's Glossograph.

Ein automatischer Schnellschreibapparat.[1]

Der Civilingenieur Amadeo Gentilli ist vor Kurzem mit einer Erfindung an die Oeffentlichkeit getreten, welche ihn seit einer Reihe von Jahren beschäftigte und nichts Geringeres bezweckt, als die Sprache mit der Geschwindigkeit des normalen Redeflusses in einer leicht entzifferbaren Zeichenschrift automatisch zu fixiren. Der Erfinder ging bei seinem Studium nicht, wie beim Telephon und dem Phonographen, von einem akustischen Princip aus, weil es kaum jemals gelingen dürfte, die auf diesem Wege erhaltenen mikroskopischen Hieroglyphen praktisch zu verwerthen; sondern er setzte die Articulationsbewegungen der einzelnen Sprachorgane in sichtbare bleibende Zeichen um.

Ein handliches Instrument (Fig. 1), an welchem feine Hebel auf den verschiedenen Theilen der Zunge und den Lippen ruhen und zarte Flügelchen vor den Nasenöffnungen schweben, wird ohne irgend welche Unbequemlichkeit in den Mund genommen. Beim Sprechen werden diese Hebel und Flügelchen bewegt und übertragen ihre Bewegungen theils mechanisch, theils durch Elektricität auf Schreibstifte, welche die einzelnen Laute in sechs nebeneinander laufenden Linien auf einem mit der Hand oder einem Uhrwerk vorwärts geschobenen Papierstreifen mit grosser Präcision verzeichnen. Indem nämlich beim Aussprechen der Vocale und Consonanten die einen oder anderen Theile unserer Sprachorgane mehr oder weniger stark bewegt werden oder durch die Nase Luft ausgehaucht wird, kann

[1] Mitgetheilt von Hrn. Gentilli im Anschluss an einen in der Berliner physiologischen Gesellschaft am 10. März d. J. gehaltenen Vortrag.

man aus den diesen Bewegungen entsprechenden Zeichen das Gesprochene unmittelbar ablesen. So wird beispielsweise bei ch, r, g der Zungenrücken, bei sch, l die Zungenspitze, bei e, i die ganze Zunge gehoben; bei s, t wird die Zunge gegen die Zähne vorgeschoben; bei o, u die Unterlippe, bei f, b die Oberlippe bewegt und bei n, m das Gaumensegel gesenkt, derart, dass die Luft, welche sonst dem Munde entströmt, ihren Ausweg durch die Nase nimmt. Diese charakteristischen Bewegungen werden nun in dem Instru-

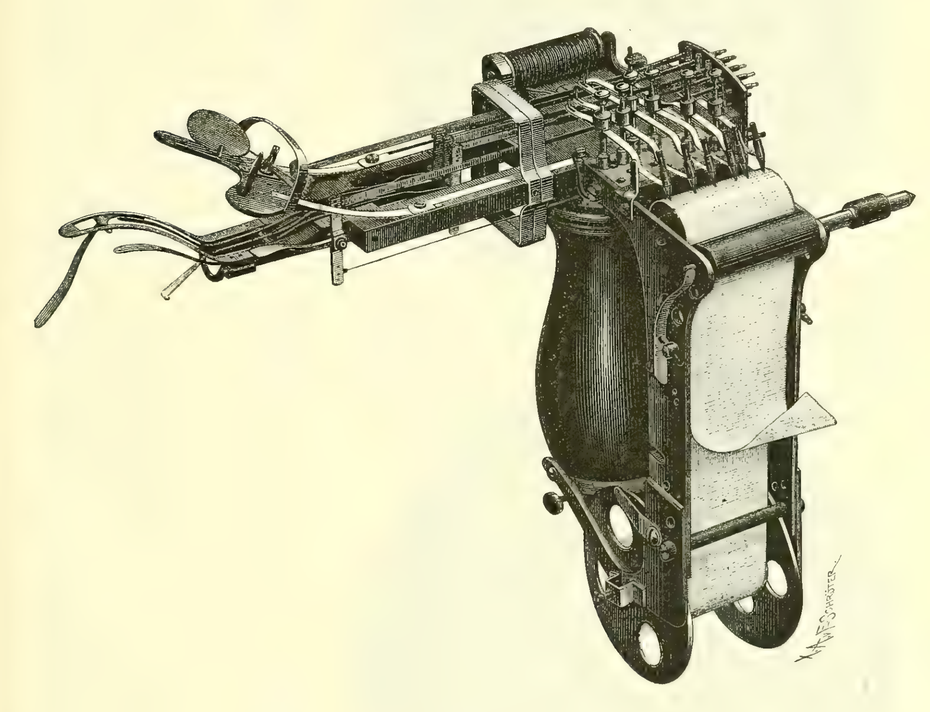


Fig. 1.

ment durch Doppelhebel von der Innenseite des Mundes nach aussen übertragen und zwar in der Weise (Fig. 2), dass bei ch, r, g der Hebel IV, bei e, i die Hebel IV und V, bei sch, l Hebel VI, bei s, t Hebel V und VI, bei a, o, u Hebel III, bei f, b Hebel II und III in Action treten und dabei kleinere oder grössere Abweichungen der Schreibstifte von der Ruhelage hervorbringen. Die Nasenlaute n und m endlich setzen den Hebel I in Bewegung.

Diese wenigen Zeichen genügen in der That zur Interpretation der Sprache; denn sieht man von unserer conventionellen Orthographie ab und berücksichtigt nur die phonetischen Lautzeichen, so wird man finden, dass b, g und d nur geringere Intensitätsgrade der Laute p, k und t sind; dass c, z, q und x aus ts, kw und ks bestehen, dass zwischen f und v kein Unterschied existirt, und dass selbst w nur eine tönende Modification von v ist. Das Schriftsystem des Apparates, wie es in Figg. 3 und 4 dargestellt erscheint, erlernt sich rasch; auch giebt es zur Erleichterung des Dechiffrirens gewisse Regeln, welche auf den Gesetzen des Silbenbaues und der Consonantencombination beruhen.

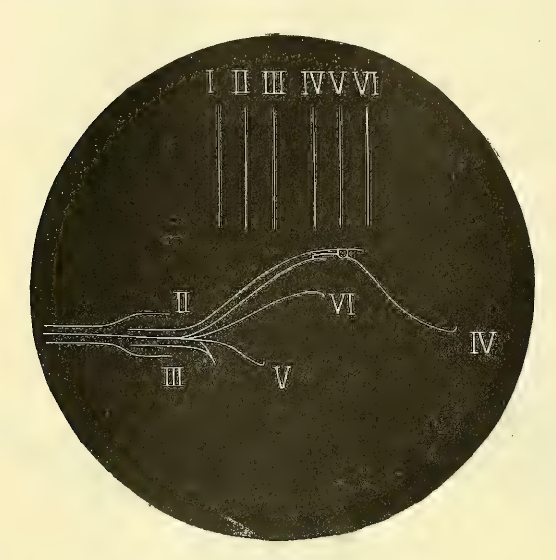


Fig. 2.

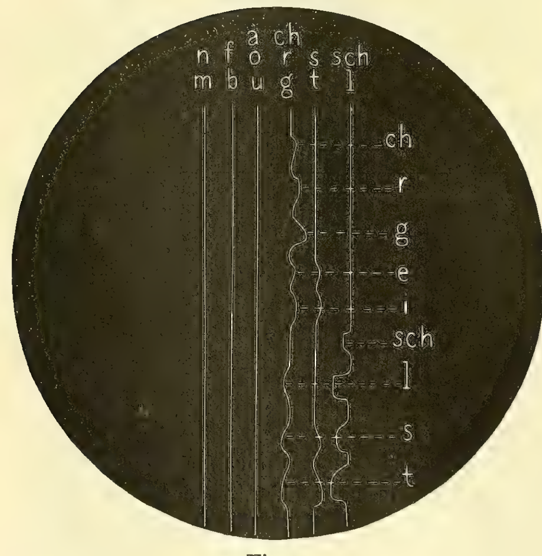


Fig. 3.

Am besten sind wohl das Deutsche und das Italienische für die Wiedergabe durch den Apparat geeignet, weil in diesen Sprachen die phonetische Schreibweise von der Orthographie am wenigsten abweicht, was jedoch nicht ausschliesst, dass derselbe auch für alle anderen Idiome Verwendung finden kann. Die Stenographie wird durch den Gebrauch dieses Apparates, welchen der Erfinder Glossograph nennt, gewissermaassen Gemeingut eines jeden, der sich der leichten und

interessanten Arbeit unterziehen will, den Schlüssel dieser „Naturselbstschrift“ kennen zu lernen. Beim Nachschreiben von öffentlichen Reden wird der Apparat begreiflicherweise nicht vom Redner selbst, sondern von einem hierzu Angestellten in den Mund genommen werden müssen, welcher jedoch die Rede nur ganz leise nachzusprechen braucht, indem die Stimme bei der Hervorbringung der Zeichen gar keine Rolle spielt.

Von der jetzt üblichen Stenographie, welche weit mehr in der Kunst des Weglassens als in jener des Nachschreibens besteht, hat der Glossograph die Vortheile voraus: kein vorangegangenes Studium, keine Uebung, keine Spannung der Aufmerksamkeit zu erfordern und keine Ermüdung zu verursachen. Nur das Dechiffriren will geübt sein; doch kann dieses Geschäft stets mit mehr Musse besorgt werden als jenes des Nachschreibens.

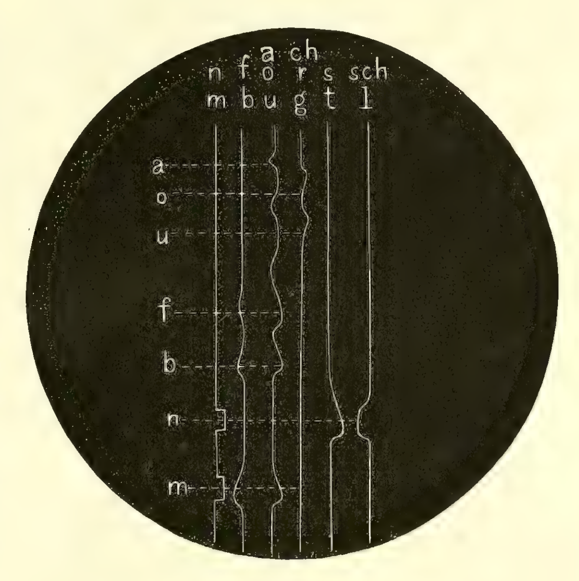


Fig. 4.

Die Anwendung eines Apparates, welcher uns befähigt, vier- bis fünfmal so schnell zu schreiben wie bisher, kann und wird jedoch in einer so viel schreibenden Zeit wie die unsrige nicht bloss bei der Aufzeichnung von öffentlichen Reden stehen bleiben, und wenn sich auch dermalen das Bereich der praktischen Verwerthbarkeit dieser Erfindung auch nicht überblicken lässt, so muss man doch schon jetzt darin ein fruchtbares Princip erblicken, welches einer grossen Entwickelung fähig ist. Hr. Gentilli hat kürzlich im physikalisch-chemischen Institut der Universität Leipzig und in der physiologischen Gesellschaft in Berlin einen Vortrag über seine Erfindung gehalten, wobei er mit seinem Apparate Proben von dessen Leistungsfähigkeit gab.

Einige Unvollkommenheiten, welche dem Instrumente bei dessen erstem Vorzeigen noch anhafteten, sind seither vom Erfinder behoben worden. Es wurde nämlich der Sprechapparat vom Schreibapparate getrennt und letzterer mit einem Uhrwerk versehen, wodurch die Schrift wesentlich an Deut-

lichkeit gewinnt und man auch in der relativen Dauer der einzelnen Lautzeichen ein werthvolles Erkennungsmittel erhält. Die Transmission der Bewegungen geschieht auf elektrischem Wege, wobei die Bewegung innerhalb ein und desselben Articulationsgebietes durch Wiederholungen des Zeichens ausgedrückt werden.

Der Schreibapparat besteht aus ebenso vielen kleinen Elektromagneten als der Sprechapparat Hebel besitzt und aus Rastrirfederchen, welche auf einem 30 ^{mm} breiten Papierstreifen die Bewegungen der Magnetanker verzeichnen.

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrgang 1881—82.

XII. Sitzung am 10. März 1882.[1]

1. Hr. Oberingenieur Gentilli (s. o. S. 182) demonstrirt seinen Glossographen.

2. Hr. F. Falk spricht: „Ueber die Einwirkung von Verdauungssäften auf Fermente."

In einer Untersuchungsreihe über die Veränderungen, welche Fermente unter dem Einflusse von Drüsensäften, namentlich Secreten der Verdauungsdrüsen und der in diesen enthaltenen Fermente erfahren, habe ich zuvörderst die Schicksale mehrer ungeformten Fermente geprüft und über das Ergebniss früher Mittheilung gemacht.[2]

Indem ich, wiederum unter freundlichstem Beistande des Hrn. E. Baumann, an geformte Fermente heranging, wandte ich mich zunächst der Hefe zu, da sie sowohl das als ungeformt zu betrachtende, auch isolirt abscheidbare Inversions-, als auch das bekanntere, organisirte Alkoholferment enthält. Es galt zu erforschen, ob die Secrete der Verdauungsdrüsen, bez. die in dem Digestionstractus vorkommenden Fermente etwa verschieden auf das Invertin und auf die Hefepilze einwirken.

Wenn ich zunächst daran ging, zu erforschen, wie das in Hefewasser enthaltene (nicht rein dargestellte) Invertin durch die Verdauungssäfte beeinflusst wird, so hatte ich damit zu kämpfen, dass zu der Reihe derjenigen Körper, welche an sich (d. i. ohne Invertin) den Rohrzucker in Invertzucker umwandeln, auch die Secrete einiger Verdauungsdrüsen gehören.

---

[1] Ausgegeben am 17. März 1882.

[2] Virchow's *Archiv* 1882.

So überzeugte ich mich zunächst, dass normaler und diastatisch stark wirksamer, menschlicher Speichel den Rohrzucker deutlich invertirt; freilich wirkt Speichel viel langsamer als Hefe, indessen ist es doch in Folge hiervon nicht angängig, von einer prägnanten Wirkung des Speichels auf die Fermentkraft des Invertins zu sprechen. Ganz das nämliche gilt vom Magensaft: (künstlicher) Magensaft allein invertirt Rohrzucker; es thut dies schon allein (und ohne Kochtemperatur) die Salzsäure, wie sie in dem von mir angewandten, stark peptonisirenden, künstlichen Magensafte enthalten war: 0·134 procentige Salzsäure; und zwar wirkt, schon nach der Eintrittszeit der Reduction des Kupfersulfats zu urtheilen, die Salzsäure allein energischer als der Magensaft; es entspricht dies früheren Mittheilungen u. a. von mir[1] und dann namentlich auch von Richet[2] über die Wirkung von Salzsäure und von Pepsin überhaupt, sowie den speciellen Forschungen von Szabo[3] über die invertirende Kraft des Magensaftes und seiner Säure. Uebrigens wirkt bei Körpertemperatur jene Salzsäure viel langsamer auf Rohrzucker, als es Hefe thut.

Es bleiben nun die Verdauungssäfte und Fermente des Darmes: Bauchspeichel, Galle und die, namentlich im Dickdarme stets vorhandenen, Fäulnissfermente. Ihre Einwirkung wurde stets bei Körpertemperatur geprüft. Zunächst überzeugte ich mich, dass wässriges Pankreasextract, allein, auf Rohrzucker nicht invertirend wirkt; das Gleiche haben auch Cl. Bernard sowie Brown und Heron[4] hervorgehoben. Weiterhin constatirte ich nun, dass ein (im übrigen verdauungskräftiges) Pankreasextract, mit Hefewasser auf längere Zeit in Berührung, dessen Invertirungsvermögen nicht beeinflusst, sein Zusatz im Wesentlichen wirkt wie einfache Verdünnung. Anders die Galle: zwar auch ihr kommt allein keine Inversionskraft zu, aber, dem Hefewasser zugesetzt, raubt sie letzterem die Fähigkeit, aus Rohrzucker Invertzucker zu bilden. Es verhält sich hiermit wie mit der von mir a. a. O. erwähnten antifermentativen Wirkung der Galle auf andere formlose Fermente. Das Ferment wird präcipitirt, und zwar bedarf es hierzu nicht etwa eines Ueberschusses von (unverdünnter) Galle. Freilich genügt keine kurze Berührung der Galle mit der Hefe, sondern es muss schon eine Stunden lange Einwirkung Platz greifen. Die Wirkung der Galle auf die Hefe ist dann ähnlich wie ich solche nach Zusatz von Kalk zu Hefewasser beobachten konnte. — Was nun den Einfluss der Fäulniss auf das Invertin betrifft, so ist folgendes voranzuschicken: Zunächst ist es nicht unbekannt, dass blosse Rohrzuckerlösung beim Stehen eine Umwandlung in Traubenzucker erleidet; es ist dies schon die Folge der (Milch-) Säurebildung in der Rohrzucker-Solution. So behält auch Hefewasser, ohne Zusatz und weitere Schutzvorrichtungen aufbewahrt, seine Inversionswirkung auf Rohrzucker lange Zeit hindurch: denn beim Stehen säuert Hefe für gewöhnlich. Um diesen Säureeinfluss auszuschliessen und die Fäulnisswirkung den Verhältnissen im Darmcanale analoger zu gestalten, habe ich die Hefe mit faulendem Pankreasextract, und zwar in verschiedenen Stadien seiner Putrescenz und Reaction, zusammengebracht und dies Gemisch nach etwa 24 Stunden mit frisch bereiteter Rohrzuckerlösung zusammengebracht; zuvor

---

[1] a. a. O.

[2] *Progrès médical.* 1881. pag. 317.

[3] *Zeitschrift für physiologische Chemie.* Bd. 1.

[4] *Annalen der Chemie.* Bd. 20. Jahrg. 1880.

war durch Controlversuche festgestellt, dass das faule Pankreasextract, allein mit Rohrzucker zusammengebracht, nicht zur Invertzuckerbildung führt. Ich konnte nun beobachten, wie unter dem Einfluss solcher intensiven Fäulniss die Hefe ihre Invertirungskraft so leicht nicht verliert, sich in ähnlicher Weise resistent zeigt wie ich es an anderen chemischen Fermenten beobachten konnte. — Ging ich nun an die Erforschung des Einflusses aller genannten Verdauungssäfte und Fermente auf das organisirte alkoholische Hefeferment, indem ich in Reagenzgläsern bestimmte Theile der ersteren mit Hefewasser zusammenbrachte, nach stundenlanger (meist gleiche) Einwirkung im Verdauungsofen als drittes gleiche Volumentheile (5 proc.) Traubenzuckerlösung hinzufügte, um dann die Gährungsgase über Quecksilber aufzufangen, so nahm ich zunächst wahr, dass, wie kaum anders zu erwarten, sowohl der Mund- wie der Bauchspeichel die alkoholische Gährung des Traubenzuckers nicht beeinträchtigt. Anders (künstlicher) Magensaft: er wirkt in der That feindlich auf das Alkoholferment; hatte er stundenlang auf Hefe eingewirkt und wurde dann dies Gemisch mit Traubenzuckerlösung zusammengebracht, so erfolgte entweder gar keine Gährung oder diese war ausserordentlich verzögert und beeinträchtigt. Auch hier lehrten Controlversuche, dass in gleicher Weise auch die Salzsäure jenes Magensaftes allein schon derartig antifermentativ wirkt. Schon wenn Magensaft, besonders wenn blosse Salzsäure gleicher Verdünnnung dem Hefewasser eben zugesetzt ist und dann bald Traubenzuckerlösung hinzugefügt wird, kann man zwar nicht Aufhebung, aber offenbare Verzögerung der Gährung gewahren.[1] Hat Magensaft lange genug auf Hefe eingewirkt, um das Alkoholferment gänzlich oder fast ganz ausser Function zu setzen, so kann man dann noch durch vorsichtiges Neutralisiren die Thätigkeit der Hefepilze in gewissen Grenzen wieder anfachen. Anders verhält es sich mit Galle: sie hebt die Thätigkeit der Hefepilze durchaus nicht auf. Lässt man Galle bis zu 24 Stunden bei Körpertemperatur auf Hefewasser einwirken, so kann man sehen, dass letzteres dann doch noch Traubenzuckerlösung vollkommen zum Gähren bringt. Das organisirte Alkoholferment wird eben nicht von Galle niedergeschlagen, wie diese ja auch nicht die Lebensthätigkeit der Fäulniss-Organismen hindert. — Ebenso, aber in entgegengesetztem Sinne, zeigt sich eine verschiedene Wirkung der Fäulniss auf die Hefefermente. Hefewasser, Stunden lang mit faulenden Lösungen von Pankreasextract zusammengebracht und dann in einer Probe mit einer 5 procentigen Rohrzucker-, in einer anderen mit der gleichen Menge gleich starker Traubenzuckerlösung zusammengebracht, zeigte das Invertirungsvermögen der Hefe erhalten, aber Gährung des Traubenzuckers sah ich entweder, und zwar gewöhnlich, gar nicht oder, gelegentlich, in äusserst geringfügigem Grade eintreten.[2] Die Hefepilze sind eben viel weniger resistent gegen Fäulniss als ungeformte Fermente. Es ist ja auch die leichte Zerstörung der Milzbrandbacillen durch Fäulniss bekannt.

Zur Veranschaulichung der verschiedenen Wirkung von (frischer) Galle

---

[1] Quantitative Untersuchungen über die Beeinflussung der Alkoholgährung der Hefe durch Salz- und andere Säuren hat jüngst auch Hayduck mitgetheilt. *Zeitschrift für Spiritus-Industrie.* 1881. Nr. 18.

[2] Ich betone, auch wenn jene fauligen Gemische nicht sauer reagirten; Märker hat jüngst hervorgehoben, dass flüchtige Fettsäuren (wie sie sich ja auch bei Fäulniss entwickeln können) der Alkohol-Gährung entgegenwirken. Ebend. 1881. Nr. 7.

und putriden Lösungen auf die beiden Fermente der Hefe kann man statt des Traubenzuckers in beiden Fällen Rohrzucker nehmen: wird Rohrzucker mit Hefe zusammengebracht, so kann man in Folge der erst eintretenden Inversion dann auch Gährung des neugebildeten Traubenzuckers eintreten sehen. Hat man nun in einem Versuche Galle, in einem anderen gleiche Mengen faulen Pankreasauszuges, in einem Controlversuche eine gleiche Quantität Wasser einem Hefewasser zugesetzt und fügt nach Verauf von Stunden diesen drei Gemengen je gleiche Quantitäten einer 5 procentigen Rohrzuckerlösung hinzu, so tritt in der einfach gewässerten Hefe lebhafte Gährung, in den beiden anderen Proben keine oder äusserst schwache ein; während festgestellt wird, dass ein gleiches Gemisch von Galle und Hefe die alkoholische Gährung einer (5 procentigen) Traubenzuckerlösung nicht hindert und dass das Gemisch von gefaultem Pankreasauszug und Hefe aus der 5 procentigen Rohrzuckerlösung hat gährungsfähigen Zucker entstehen lassen.

Hierfür darf, da die Wirkung der Galle auf das Invertin nur eine gleichsam mechanische ist, die Hefe, welche ihrer Einwirkung ausgesetzt werden soll, vorher nicht in zu wenig Wasser vertheilt werden, während letzteres Moment für die erwähnte antizymotische Wirksamkeit von Magensaft und Fäulniss von keiner so hervorragenden Bedeutung ist.

XIII. Sitzung am 24. März 1882.[1]

Hr. R. Koch hielt den angekündigten Vortrag: „Ueber Tuberculose“.

Durch ein combinirtes Färbungsverfahren, welches darin besteht, dass die Objecte zuerst mit einer alkalischen Methylenblaulösung (200 ^{Ccm} dest. Wasser, 1 ^{Ccm} concentrirte alkoholische Methylenblaulösung, 0·2 ^{Ccm} 10 procentige Kalilösung) überfärbt und dann mit einer concentrirten wässrigen Vesuvinlösung nachbehandelt werden, lassen sich in tuberculös veränderten Organen constant Bakterien nachweisen. Dieselben bleiben bei dieser Behandlung blau gefärbt, während alle Gewebstheile, Zellenkerne, und deren Zerfallsproducte eine braune Farbe annehmen. Die Bakterien haben die Gestalt sehr dünner Stäbchen, sind einviertel bis halb so lang wie der Durchmesser eines rothen Blutkörperchens und vollkommen unbeweglich. Sie haben in mehrfacher Beziehung Aehnlichkeit mit den Leprabacillen und finden sich oft wie diese in kleinen bündelförmigen Gruppen im Inneren von Zellen. Wo der tuberculöse Process frisch oder im schnellen Fortschreiten ist, sind sie sehr zahlreich, nehmen aber an Zahl ab, wenn der Höhepunkt des Krankheitsprocesses überschritten ist und fehlen ganz, wo derselbe still steht. Wenn Riesenzellen in den Tuberkeln vorkommen, dann liegen die Bacillen im Inneren derselben. Oft befinden sich nur ein oder zwei Bacillen

[1] Ausgegeben am 4. April 1882.

in einer Riesenzelle, mitunter kann ihre Zahl aber auch auf zwanzig und mehr anwachsen. Das Verhältniss der Riesenzellen zu den Bacillen ist vermuthlich dasselbe, wie es schon anderwärts bei ihrer Bildung um Fremdkörper (Pflanzenfasern, Strongyluseier) beobachtet ist, dass nämlich die Riesenzelle um den Bacillus, als einen Fremdkörper, entsteht und ihn einschliesst. Nicht selten wird in den Bacillen Sporenbildung gefunden. Die Sporen sind oval, stark glänzend; meistens hat ein Stäbchen zwei bis vier Sporen.

Bis jetzt wurden auf das Vorkommen der Tuberkelbacillen eine Anzahl von Miliartuberculosen der Lunge und verschiedener anderer Organe, ferner käsige Pneumonie und Bronchitis, verkäste Lymphdrüsen, Darmtuberculose, Hirntuberkel untersucht und die Bacillen niemals vermisst. In scrophulösen Lymphdrüsen und bei fungösen Gelenkentzündungen wurden sie nicht constant gefunden. Dagegen kamen sie bei Perlsucht der Rinder, bei einer grossen Zahl von spontan oder nach Impfung an Tuberculose gestorbenen Thieren ohne Ausnahme vor.

Die Versuche, diese Bacillen zu cultiviren, wurden in der Weise angestellt, dass Blutserum durch wiederholtes Erwärmen auf 58° C. sterilisirt, dann durch Steigerung der Temperatur auf 65° C. in eine feste, gallertartige, durchsichtige Masse verwandelt, und auf dieser die bacillenhaltige Substanz (grauer Tuberkel, Partikelchen einer Lymphdrüse) ausgebreitet wurde. In Brüttemperatur entwickeln sich dann im Laufe von 10—14 Tagen kleine, schuppenartige, nur aus den Tuberkelbacillen bestehende Colonien, welche durch weitere Uebertragung vermehrt und in Reincultur erhalten werden können. Die Culturen aus den verschiedensten tuberculösen Substanzen, wie Miliartuberkeln, käsigen Processen, Perlsucht, verhalten sich vollkommen gleich.

Schliesslich wurden Culturen von Tuberkelbacillen, nachdem sie lange Zeit (bis zu 178 Tagen) ausserhalb des Thierkörpers fortgezüchtet waren, verimpft und ausnahmslos damit eine regelrechte Tuberculose bei den geimpften Thieren erhalten. Sowohl die einfache subcutane Impfung, wie Injectionen in die Bauchhöhle, in die vordere Augenkammer oder direct in den Blutstrom bewirkten allgemeine Miliartuberculose. Auch Katzen, Ratten und ein Hund wurden in dieser Weise erfolgreich inficirt. Durch Impfung möglichst geringer Mengen der Bacillen in die vordere Augenkammer von Kaninchen entstand eine langsam verlaufende Iris-Tuberculose.

Das Resultat dieser Untersuchungen war also, dass constant in tuberculös veränderten Geweben Bacillen vorkommen, dass diese Bacillen sich vom Körper trennen und in Reinculturen lange Zeit erhalten lassen, dass die mit den isolirten Bacillen in der verschiedensten Weise inficirten Thiere tuberculös werden. Daraus lässt sich schliessen, dass die Tuberkelbacillen die eigentliche Ursache der Tuberculose sind und letztere also als eine parasitische Krankheit anzusehen ist.

Da die Bacillen nur bei einer Temperatur zwischen 30° und 41° C. zu wachsen vermögen, so können sie auch nur im thierischen Organismus ihre Existenzbedingungen finden und müssen von diesem ihren Ausgang nehmen. Im Sputum der Phthisiker konnten sie in grossen Mengen nachgewiesen werden und es wurde ferner festgestellt, dass das getrocknete, bacillenhaltige Sputum mindestens acht Wochen seine Virulenz bewahren kann. Danach lässt sich annehmen, dass die Bacillen mit dem phthisischen Sputum in's Freie gelangen, überall hin verschleppt und schliesslich an Staubpartikelchen haftend inhalirt werden. Es

spricht dafür noch besonders die Thatsache, dass die Tuberculose beim Menschen fast immer eine von den Respirationswegen ausgehende und oft lange Zeit oder auch ganz auf die Respirationsorgane beschränkte Affection bleibt.

Eine andere Quelle der Infection ist wahrscheinlich in der sehr verbreiteten Tuberculose der Hausthiere, vorzugsweise in der Perlsucht der Rinder, zu suchen.

Aus dem Erkennen der Tuberculose-Aetiologie werden sich die Maassregeln, welche zur Einschränkung dieser Krankheit zu treffen sind, ergeben. Vor allen Dingen muss das Sputum der Phthisiker durch Desinfection oder in irgend einer anderen Weise unschädlich gemacht werden.

Die Pulscurve.

Von

Dr. Georg von Liebig.

I.

(Hierzu Tafel II—IV.)

In Verfolgung meiner Beobachtungen über die Wirkung des erhöhten Luftdruckes begann ich im Sommer 1878 eine grössere Anzahl von Pulscurven in der pneumatischen Kammer aufzunehmen, wobei ich bald bemerkte, dass das seither über die Bedeutung der Pulsformen bekannt gewordene nicht hinreichte um mir alle Formen verständlich zu machen.

Auch die schöne Arbeit von Landois,[1] welcher ich eine wesentliche Förderung verdanke, konnte mir nicht in allen Fällen Aufklärung verschaffen, und oft blieb es mir zweifelhaft, ob eine bestimmte Form nicht der unrichtigen Lage des Pulshebels oder einem anderen Zufall ihre Entstehung verdanke.

Um mich darüber zu unterrichten, versuchte ich am elastischen Rohr die Pulscurve darzustellen und richtete mir zu diesem Zwecke einen in sich geschlossenen Circulationsapparat her mit einer kleinen Pumpe aus Messing, die an den Tisch angeschraubt wurde. Sie war mit guten conischen Klappen versehen, und der Kolben, dessen Stange in einer Führung lief, wurde mittels eines kleinen Zahnrades durch einen Handgriff in Bewegung gesetzt. An die Pumpe schloss sich, das arterielle System vorstellend, zunächst ein weiteres Rohr an von 7 mm Durchmesser und 2·4 Meter Länge, welches sich in einem engeren von 4 mm Durchmesser und 2·4 Meter Länge fortsetzte. Nun folgte das Capillarsystem aus einem Bündel nebeneinanderliegender engerer Rohre von 50 cm Länge bestehend, deren Eingänge vereinigt in ein kurzes Schlauchstück mündeten, ebenso die Ausgänge. Diese

[1] *Lehre vom Arterienpulse.* Berlin 1872.

Schlauchstücke waren auf der einen Seite mit dem arteriellen, auf der anderen mit dem venösen Systeme verbunden. Das venöse System bestand aus einem kurzen, weiten, dünnwandigen Schlauche, dessen anderes Ende in den einen Tubulus einer Woulff'schen Flasche mündete; der zweite Tubulus nahm eine Glasröhre auf, welche die Pumpe speiste, und in Verbindung mit dem dritten Tubulus waren die Lungen angebracht, in Form eines eingestülpten Sackes, der mit jedem Kolbenhube durch den Luftdruck ausgedehnt wurde und sich dann allmählich wieder zusammenzog. Dieser Sack bewirkte eine gleichmässig andauernde Entleerung des venösen Systemes. Zwischen den Systemen waren leichtgehende klappenartige Kautschukventile eingeschaltet, die Flüssigkeit war Wasser.

Die ersten Versuche überzeugten mich von der Unmöglichkeit mit meinem Capillarsystem eine Pulsform zu erhalten, weil es dem Abfluss des Wassers aus den arteriellen Rohren einen zu grossen Widerstand entgegensetzte; dieses wurde daher beseitigt und die arteriellen Rohre unmittelbar mit dem Venenschlauche verbunden. Nun erhielt ich Pulscurven ähnliche Bilder, wie Fig. 1 *a* und *c*, wenn der Kolben mit mässiger Geschwindigkeit herabgedrückt und dann sogleich rasch wieder gehoben wurde, denn das Heben des Kolbens erst setzte den Lungensack in Thätigkeit, welche die Entleerung des Venensystems und damit auch den Abfluss der in das arterielle getriebenen Flüssigkeit regelte. Wurde das Heben im Anfange etwas verzögert, so entstanden Bilder, wie Fig. 1 *b*, mit einer Spitze und einem sich an diese anschliessenden Rücken und dann erst erfolgte das raschere Herabsinken der absteigenden Linie. Geschah sowohl das Herabdrücken als das Heben des Kolbens langsamer, so zeigten sich Bilder wie Fig. 2 *a*, *b*, *c*.

Obgleich ich nun Pulscurven ähnliche Bilder hervorbringen konnte, so war doch die Kraft des Stosses mit der Hand nicht immer so richtig abzumessen, dass ich die Curven nach Willkür hätte verändern können, und ich ersetzte im weiteren Fortgange der Arbeit die Hand durch scheibenförmige Gewichte, welche ich auf eine gleich Anfangs in dieser Absicht gefertigte Metallscheibe legte, die an dem oberen Ende der Kolbenstange wagerecht angeschraubt werden konnte. Man durfte sie ohne Schaden für die Pumpe mit 5 Kgrm belasten. Eine Stellvorrichtung ermöglichte das Loslassen der gehobenen Kolbenstange im richtigen Augenblick. Bald bemerkte ich auch, dass das venöse System und der Lungensack entbehrt werden konnten, denn die Curven hatten im Ganzen die gleiche Form, wenn der Abfluss aus dem Ende des arteriellen Theiles frei war. Es wurde bei dem freien Abfluss die Unsicherheit vermieden, welche das jedesmal in einer bestimmten Geschwindigkeit nothwendige Heben des Kolbens mit sich brachte.

Nach diesen Veränderungen blieb von dem ganzen Circulationssystem zuletzt nur die Pumpe und das aus zwei Rohren bestehende arterielle System übrig, der Abfluss erfolgte Anfangs noch in die Flasche, später in ein tiefer stehendes Gefäss.

Von den beiden Rohren des arteriellen Systems war das erste I, welches sich an die Pumpe anschloss, ein weiches Rohr von schwarzem Kautschuk mit dem lichten Durchmesser von 7 ^{mm} und einer Wandstärke von 2 ^{mm}, und besass eine Länge von 2·4 Meter. Mit ihm durch ein kurzes Glasröhrchen verbunden war das engere Rohr II, ebenfalls von schwarzem Kautschuk, 4 ^{mm} weit bei 1 ^{mm} Wanddicke, und 2·4 Meter lang. Die Elasticität der Rohre wurde durch die Grösse der Verlängerung ermittelt, wenn man an ein Stück von bestimmter Länge ein Gewicht von $^1/_2$ oder 1 Kgrm anhängte. Für das weite Rohr war diese Bestimmung sicherer, als für die engeren, deren Wanddicke nicht überall ganz gleich war, so dass die Bestimmung an verschiedenen Stellen verschiedene Ergebnisse hatte. Der Elasticitätscoëfficient, $\frac{1}{c}$, wurde dann nach der in Wüllner's *Physik* 1872. I. 170 gegebenen Formel berechnet; er giebt in der Einheit des Kilogrammes das Gewicht an, welches nöthig wäre, um einen Kautschukstreifen von der Elasticität des Rohres, von 1 Meter Länge und 1 □ ^{mm} Querschnitt, auf das Doppelte seiner Länge auszudehnen. Der Elasticitätscoëfficient für das weite Rohr I war 0·071 oder 71 ^{grm}, der Coëfficient für das Rohr II und andere diesem gleichartige Rohre schwankte in mehreren Bestimmungen um das Mittel von 0·060, die Elasticität der beiden Rohre war also nicht wesentlich verschieden. Die Rohre, welche Landois bei seinen Bestimmungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit benützt hatte,[1] besassen auf dieselbe Weise berechnet, die Elasticitätscoëfficienten von 0·095 und 0·050.

Die Gewichte, welche zur Darstellung von Curven bestimmter Form und Grösse dienten, waren nicht immer die gleichen, weil nach kurzer Zeit schon die Reibung des Kolbens sich änderte. Es wurden deshalb die Figuren, welche zur Darstellung bestimmter Eigenschaften der Curven dienten, jedesmal nach einander ohne Unterbrechung gemacht, um den gleichen Maassstab für die Stosskraft nicht zu verlieren. Für jede neue Versuchsreihe wurde die Pumpe frisch gereinigt und geölt.

Um während der Versuche die Spannung in den Rohren beurtheilen zu können, waren an passenden Stellen Manometer angebracht. Die Spannung konnte in dem geschlossenen Systeme durch stärkere oder geringere Anfüllung mit Wasser geregelt werden, bei freiem Abfluss geschah dies durch Erhöhung oder Senkung der Ausflussmündung des Rohres II.

---

[1] A. a. O. S. 308.

Zur Darstellung der Curven diente der Sommerbrodt'sche Sphygmograph, dessen Hebel nicht durch eine Feder, wie bei dem Marey'schen, sondern durch aufgelegte Gewichte dem elastischen Rohre angedrückt wird, was den Vortheil hat, dass man die Kraft, mit welcher der Hebel auf das Rohr drückt, unmittelbar bestimmen kann. In der Regel wurden, wo es nicht besonders bemerkt wird, 50 grm Belastung angewandt.

Bezüglich der Versuche bei freiem Abflusse ist zu bemerken, dass die verbundenen Rohre I und II in der Ruhe immer mit Wasser gefüllt blieben, auch wenn die Mündung frei lag, denn das eine Ende war durch den Anschluss an die Pumpe geschlossen und aus der 4 mm weiten Mündung am anderen Ende konnte unter diesen Umständen freiwillig nichts ausfliessen. Da die Rohre in der Ruhe ihre natürliche Weite besassen, so übten sie auf ihren Inhalt keinen Druck aus und die Spannung im Innern war daher gleich Null. Wenn zur Wellenbildung eine bestimmte Menge von Flüssigkeit durch die Pumpe eingetrieben wurde, so entwich mit dem Ablaufe der Welle etwa ebenso viel Flüssigkeit aus der Mündung, mit dem Unterschiede, dass bei stärkerem Stosse etwas mehr, bei schwächerem etwas weniger ausgestossen wurde, und nach Ablauf der Welle blieben die Rohre bei einem Druck, der sich von Null wenig unterschied, mit Wasser gefüllt.

Die meisten der im Folgenden dargestellten Curven wurden bei freiem Abflusse erhalten und wo dies nicht der Fall war, wird es besonders angegeben werden. Immer blieb das Rohr I mit der Pumpe in Verbindung, der Pulshebel wurde gewöhnlich auf dem Rohr II angesetzt, meist im oberen Viertheile und die grösste Zahl der Curven wurde an diesem oder einem Rohre von ähnlicher Beschaffenheit und Länge erhalten.

Die Flüssigkeitsmenge, welche zur Wellenbildung diente, betrug bei dem vollen Hube jedesmal 11·6 Ccm, bei weniger grossen Huben die entsprechenden Bruchtheile dieser Menge.

Ich verfolgte nun an dem Rohre die Entstehung der Pulsform, indem ich mit der Betrachtung der einfachen Schwingungen der Welle anfing und dann auf die Bildung der einzelnen Theile der Curve überging und es gelang mir endlich auch, die verschiedenen Formen, welche man an den natürlichen Pulscurven findet, nachzubilden und ihre Bedeutung zu verstehen, im Laufe der Arbeit ergaben sich jedoch in manchen Beziehungen Abweichungen von der Darstellung, welche Landois von der Entstehung einzelner Theile gegeben hat.

Wellenschwingungen und Wellen.

Um die einfachste Form der Wellenschwingungen kennen zu lernen, benützte ich als Versuchsrohr das Rohr II, im geschlossenen und mit Wasser gefüllten Circulationssysteme, indem ich es an einer Stelle mit dem Finger rasch und kräftig zusammendrückte und den Druck so lange anhalten liess, bis die daraus entstandene Wellenbewegung im Rohr wieder zur Ruhe gekommen war. Der Pulshebel, welcher an einem beliebigen, von der Druckstelle entfernten Punkte des Rohres aufgesetzt wurde, zeichnete unterdessen die Bilder Fig. 3 *a*, Figg. 4 und 5, von denen jedes mehrere aufeinanderfolgende Schwingungen dieses Punktes um seine Gleichgewichtslage darstellt. Die Schwingungen, welche eine abwechselnde Ausdehnung und Zusammenziehung des Rohres anzeigen, kommen in folgender Weise zu Stande: das durch den ausgeübten Druck verdrängte Wasser häuft sich zuerst neben der Druckstelle an, wo es das Rohr ausdehnt. Die dadurch erhöhte Spannkraft strebt das angehäufte Wasser zur Seite zu drängen, wodurch nun auch die angrenzende Stelle in ausdehnende Bewegung geräth. Wenn sich nun die Ausdehnung so weit fortgepflanzt hat, dass das an der ersten Stelle angehäufte Wasser der auf ihm lastenden Spannung ausweichen kann, dann zieht sich dort das Rohr wieder zusammen und auch diese Bewegung pflanzt sich weiter fort.

Eine jede Schwingung beginnt von der Gleichgewichtslage, der Grundlinie der Zeichnung, ausgehend indem der Punkt zuerst in die Höhe steigend eine grössere Entfernung von der Grundlinie erreicht, dann kehrt er, auf der Zeichnung eine Spitze bildend, zurück und überschreitet die Grundlinie nach unten. An einem tiefsten Punkt angelangt, kehrt er, eine abwärts gerichtete Spitze bildend, abermals zur Grundlinie zurück. Damit ist die Schwingung beendet und eine neue beginnt. Die Schwingungen wiederholen sich, kleiner werdend, bis endlich der Punkt zur Ruhe kommt. In Fig. 4 *b* ist der Beginn der zweiten und dritten Schwingung jedesmal mit einem Kreuze bezeichnet.

Während die Schwingung eines Punktes abläuft, hat sich die Bewegung schon weiter am Rohre fortgepflanzt und der Weg, welchen sie vom Beginne bis zur Vollendung einer Schwingung zurücklegt, umfasst eine Wellenlänge. Die Form, welche das Rohr während des Ablaufes der Bewegung auf dieser Wegstrecke darbietet, ist die Welle. E. H. Weber, auf dessen bekannte Arbeit über die Anwendung der Wellenlehre auf den Puls[1] ich hier verweise, nennt die Welle eine sich bewegende Form.

---

[1] *Dies Archiv* 1851. S. 496. Ich mache darauf aufmerksam, dass in der bekannten bildlichen Darstellung, welche Weber in seiner Fig. 8 von der Welle am elastischen Rohre giebt, auf die Ueberschreitung der Gleichgewichtslage nach innen oder unten keine Rücksicht genommen ist.

Wir wollen nun, dem medicinischen Sprachgebrauch folgend, die Bewegungsstufen der Welle auf die Schwingung eines Punktes am Rohre übertragen und eine solche Schwingung als Wellenschwingung, oder kurzweg auch als Welle bezeichnen. Der Theil, welcher sich oberhalb der Gleichgewichtslage oder Grundlinie bewegt, ist der Wellenberg, der in der Zeichnung als Wellenspitze auftritt, der unterhalb der Grundlinie befindliche ist das Wellenthal, beide zusammen bilden die Welle.

Eine Welle, die mit einem Wellenberge beginnt, dem das Wellenthal folgt, nennt man eine positive oder Bergwelle, geht dem Wellenberge das Thal voran, so ist das eine negative oder Thalwelle. Eine solche bildete sich, wenn ich den eben beschriebenen Versuch umkehrte, indem ich den das Rohr fest zusammendrückenden Finger rasch aufhob, Fig. 3 *b b*.

Zur Erklärung der Figuren bemerke ich, dass für Fig. 3 das Rohr bei seinem Eintritte in den Venenschlauch durch eine Klemme abgeschlossen war. Daher erhöhte sich die Grundlinie mit dem Ablaufe der positiven Wellen, weil das durch den Fingerdruck verdrängte Wasser den Inhalt in der übrigen Länge des Rohres vermehrte. Mit den negativen Wellen sank die Grundlinie wieder. Bei *A* war die Spannung im Rohre Null, bei *B* war sie geringer, sie betrug $-0 \cdot 5^{\mathrm{cm}}$ Quecksilberdruck, das Rohr war also nicht bis zu seinem natürlichen Umfange gefüllt. Bei Figg. 4 und 5 war das Rohr mit dem Venenschlauche in offener Verbindung, das verdrängte Wasser vertheilte sich daher auf eine grössere Masse und bewirkte keine wesentliche Veränderung der Grundlinie. Bei Fig. 4 war die Spannung im Rohre Null, bei Fig. 5 betrug sie $+ 5^{\mathrm{cm}}$ Quecksilberhöhe. Man bemerkt, dass bei der stärkeren Spannung die Schwingungen zahlreicher und kleiner wurden.

Wellen mit der Pumpe. Die Figg. 6 bis 8 zeigen Wellen, wie sie durch Eintreiben von Flüssigkeit mit der Pumpe erhalten wurden. Zur Darstellung der Fig. 6 wurde der Pulshebel auf das Rohr II aufgesetzt, welches hier wieder bei seinem Eintritte in den Venenschlauch abgeschlossen war. Es wurde ein halber Hub mit aller Kraft der Hand eingetrieben und während sich die Schwingungen verhielten wie früher, erhöhte sich die Grundlinie *a* bedeutender, wegen der grösseren Menge der hinzugekommenen Flüssigkeit.

Wurde nach eingetretener Ruhe die das Rohr abschliessende Klemme wieder geöffnet, so entleerte sich das zur Wellenbewegung eingetriebene Wasser sehr langsam in den schon gefüllten Venenschlauch, was durch das allmähliche Herabsinken der Abflusslinie *b* bis zur früheren Grundlinie angezeigt wird. Wir können an dieser Curve einen aufsteigenden Theil, dem die erste und die ihr folgenden Wellenspitzen angehören, dann die erhöhte Grundlinie *a*, und einen absteigenden Theil, die Abflusslinie *b*, unterscheiden.

Die erste Wellenspitze bildete sich hier gleichzeitig mit Vollendung des Hubes, was durch den hörbaren Schluss der Klappe in der Pumpe angezeigt wurde. Dies ist jedoch nicht immer der Fall, denn wenn der Eintritt der Flüssigkeit in das Rohr nicht mit einer bestimmten Geschwindigkeit geschieht, bemerkt man, dass die erste Spitze schon gebildet wird, ehe noch der Kolbenhub vollständig in das Rohr entleert ist.

Um dies darzustellen wurde in Figg. 7 und 8 ein voller Hub genommen und der Kolben wurde nicht mit der Kraft der Hand, sondern durch die geringere eines Gewichtes von 3·5 Kgrm herabgedrückt. Um die Schwingungen gross und deutlich zu machen, wurde der Pulshebel nicht auf das Rohr II, sondern auf das weitere Rohr I nahe der Pumpe aufgesetzt und bei dessen stärkerer Wandung wurde die Belastung von 50 auf 100 ^{grm} erhöht. Ausserdem war das Rohr II durch Ansatzrohre gleicher Weite verlängert, so dass die Entfernung des Pulshebels von der Mündung bei Fig. 7 6·5 Meter, bei Fig. 8 5·7 Meter betrug. Die Mündung des verlängerten Rohres war durch eine Klemme geschlossen und stand ausser Verbindung mit dem Circulationsapparat.

In Figg. 7 und 8 weicht die Gestaltung der aufeinanderfolgenden Schwingungen in einigen Punkten von den bisher erhaltenen Zeichnungen ab. Wir unterscheiden im aufsteigenden Theile jeder Figur vier Wellenspitzen, an welche sich auf der erhöhten Grundlinie einige unregelmässige Erhebungen anreihen, und auf diese folgt nach Oeffnung der Klemme die Abflusslinie. Von den Wellenspitzen ist die erste niedriger als die zweite, welche die höchste von Allen ist, und auf welche das tiefste Wellenthal folgt. Diese Eigenthümlichkeit erklärt sich aus der Beobachtung, dass die erste Wellenspitze schon gebildet wurde, ehe noch die ganze Menge des vollen Hubes in das Rohr eingetreten war und dass die Fortdauer des Einströmens die tiefere Ausbildung des ersten Wellenthales verhinderte. Die zweite und höchste Spitze bezeichnet den vollendeten Eintritt der Flüssigkeit, sie bricht ab mit dem Schlusse der Klappe. Da nun das Einströmen aufgehört hatte, so konnte sich das auf die zweite Spitze folgende Wellenthal in grösserer Tiefe ausbilden. Die folgenden Spitzen und Thäler der sich wiederholenden Schwingungen nehmen regelmässig ab.

Die stumpfen wellenförmigen Erhebungen, welche auf der erhöhten Grundlinie sich an die regelmässigen Schwingungen anschliessen, rühren von den am geschlossenen Ende des Rohres zurückgeworfenen Wellen her, welche die Ausgleichung des Inhaltes im Rohre vermitteln; sie verändern ihre Form und Grösse, wenn man die Rohre verkürzt, und treten bei kürzeren Rohren früher auf als die Zeichnung der Wellenschwingungen vollendet ist, in deren Bild sie dann bisweilen störend eingreifen. In dem sehr kurzen engeren Rohre Fig. 6 geschah die Ausgleichung bereits während der Bildung der wiederholten Schwingungen.

Die Abflusslinie besitzt ebenfalls eine gegen Fig. 6 etwas veränderte Form, indem sie eine deutlich wellenförmige Bildung zeigt. Im Anfang fällt sie steiler ab und bildet eine Einsenkung und eine darauf folgende Erhöhung, worauf sie langsamer vollends herabsinkt. Dies hat seinen Grund darin, dass das verlängerte Rohr hier nicht mit dem Circulationssystem in Verbindung stand, sondern einen freien Abfluss hatte, es konnte sich deshalb bei Oeffnung seiner Mündung schneller entleeren, wobei sich eine deutliche Thalwelle bildete.

Besondere Aufmerksamkeit verdient in den Curven 8 und 9 das Zusammentreffen der zweiten Spitze mit dem Klappenschlusse. Wenn das Einströmen nach Bildung der ersten Spitze noch andauert und das Rohr gleich wieder ausdehnt, so muss mit seiner Beendigung eine stärkere Zusammenziehung eintreten, deren Beginn durch den Klappenschluss angezeigt wird. Geht nun, wie hier, dem Klappenschlusse eine aufsteigende Linie vorher, so führt diese Zusammenziehung immer zur Bildung einer Spitze.

Abweichende Form der Pulscurve. Bei den seither betrachteten Figuren zeigte die Wellenzeichnung jedesmal mehr als eine Spitze, während die Pulscurven gewöhnlicher Form, ebenso wie die entsprechenden künstlichen Curven Fig. 1 *a*, *c*, nur eine einzige stärker hervorragende Spitze besitzen, welche von einer zweiten kleineren Erhebung auf der Abflusslinie gefolgt ist. Ferner tritt bei der gewöhnlichen Form der Pulscurve eine Erhöhung der Grundlinie nicht auf, und es muss daher der vermehrte Inhalt des Rohres schon während der Entwickelung der Curve bis auf die frühere Grundlinie wieder abgenommen haben. Es lag nahe, zu vermuthen, dass ein rascher Abfluss der eingetriebenen Flüssigkeitsmenge diese Verhältnisse herbeiführe, denn auch die künstlichen Curven der normalen Pulsform waren mir mit dem Circulationsapparate nur dann gelungen, wenn der Kolben der Pumpe sofort nach dem Stosse rasch wieder gehoben und dadurch die Entleerung des Rohres beschleunigt worden war.

Vergleicht man die Figg. 7 und 8, so scheint es klar, dass die gewöhnliche Pulsform entstehen müsse, wenn sich die Abflusslinie sogleich an den absteigenden Schenkel der ersten Spitze ansetzen würde.

Ohne vorläufig hierauf einzugehen, wollen wir zunächst die Bildung der ersten Spitze, vor und mit Vollendung des Hubes, näher untersuchen, und um wiederholte Schwingungen zu vermeiden bedienen wir uns unter Beibehaltung der Gewichte wieder der kürzeren Rohre.

Entwickelung der Curvenspitze.

Es dienten die Rohre I und II, von denen das erste, wie früher, mit der Pumpe in Verbindung stand, und der Pulshebel wurde wie gewöhnlich mit 50 grm Belastung an dem oberen Theile des Versuchsrohres II aufgesetzt, dessen Abflussmündung für jeden Versuch verschlossen wurde. Ich stellte nun zwei Reihen von Curvenspitzen unter zunehmender Stosskraft dar, Figg. 9 und 10, indem die erste Figur jeder Reihe mit der Kraft von 3 Kgrm gebildet wurde, die ich für jede folgende Figur um ein halbes Kgrm erhöhte. In der Reihe Fig. 9 wurde der volle Hub angewandt. Die Curven wurden nach Bildung der Spitzen und nach Erreichung der erhöhten Grundlinie jedesmal abgebrochen, so dass eine Abflusslinie bei keiner Curve verzeichnet ist. Bei den Curven der Fig. 9 konnte der Eintritt des Klappenschlusses *k* immer beobachtet werden. Bei Anwendung der geringeren Stosskräfte bemerken wir in den Curven *a* und *b*, dass die kleine erste Spitze *s* mit dem darauf folgenden Wellenthal von geringer Tiefe sich schon früh vor Vollendung des Kolbenstosses bildet, und dass sie der ursprünglichen Grundlinie um so näher liegt, je schwächer die Stosskraft ist. Mit dem Klappenschlusse bildet sich dann eine zweite Spitze, *k*, welche kaum über die jetzt vollständig erhöhte Grundlinie hervorragt, und hiermit sind bei der im Verhältniss zur Spannung des ausgedehnten Rohres geringen Kraftanwendung die Schwingungen beendet. In den Curven *c* und *d* geschieht mit der zunehmenden Kraft des Stosses die erste Ausdehnung des Rohres mit immer grösserer Geschwindigkeit und die erste Spitze liegt in jeder Curve höher über der anfänglichen Grundlinie, als in der vorhergehenden, bis sie zuletzt in *d* auch die erhöhte Grundlinie überragt.

Wir haben gesehen, dass auch in Figg. 7 und 8 die zweite Spitze mit dem Klappenschlusse zusammen fiel. Die längere Dauer des Stosses und die geringere Spannung des Rohres begünstigten dort die Ausbildung des dem Klappenschlusse vorhergehenden Wellenthales, aber es ist begreiflich, dass mit einer zunehmenden Verkürzung der Dauer des Stosses, die Zeit zur Bildung eines Wellenthales vor dem Klappenschlusse immer weniger ausreichen wird. So sehen wir denn auch, dass mit der zunehmenden Kraft des Stosses in jeder folgenden Figur eine grössere Annäherung der Spitze des Klappenschlusses an die erste Spitze eintritt, während das zwischen beiden liegende Thal an Tiefe abnimmt. In Curve *c* ist es schon so unbedeutend, dass die beiden Spitzen zu einer einzigen breiteren Spitze vereinigt erscheinen, auf welche dann nach dem Klappenschlusse ein tieferes Wellenthal folgt. Hier bildet der Klappenschluss noch den höchsten Theil der vereinigten Spitze, in der Curve *d* wird aber schon die erste Spitze höher, während der Klappenschluss nur noch eine Hervorragung an dem abstei-

genden Theile der vereinigten Spitze bildet. Das Thal zwischen beiden ist ganz unscheinbar geworden und dient nur noch dazu, den gemeinsamen Gipfel zu verbreitern oder abzuflachen, auf welchen nun erst ein tieferes Wellenthal folgt.

Die Bilder der Fig. 10, welche mit der halben Hubmenge, aber mit den gleichen Stosskräften, von 3 Kgrm angefangen, erhalten wurden, geben gleichsam die Fortsetzung der Reihe Fig. 9, denn sie zeigen Formen, wie man sie erhalten haben würde, wenn bei dem vollen Hube die Stosskraft noch weiter gesteigert worden wäre, nur ist der Maassstab ein kleinerer. Schon in der Curve *a* der Fig. 10 wird der Inhalt der Pumpe so rasch entleert, dass eine erste Spitze vor der Vollendung des Hubes nicht mehr gebildet wird; diese fällt also hier völlig mit dem Klappenschlusse zusammen, der sich auch in den folgenden Curven nicht mehr ausprägt. Ueberall erhebt sich die Spitze über die erhöhte Grundlinie, sie wird um so höher und das ihr folgende Thal um so tiefer, je stärker die Stosskraft ist.

Das Auftreten wiederholter Wellenschwingungen würde in der Reihe Fig. 10 erst bei Anwendung einer viel grösseren Stosskraft zu erwarten sein, so wie sie bei Darstellung der Fig. 6 genommen wurde, weil für kleinere Kräfte die Spannung des ausgedehnten Rohres zu stark ist, Die Fig. 6, an derselben Zusammenstellung der elastischen Rohre und an der gleichen Stelle des Rohres II erhalten, bildet den Schluss der Reihe 10 bei einer möglichst starken Stosskraft.

Wir wollen nun noch den Fall betrachten, wenn einer verhältnissmässig sehr grossen Spannung eine verhältnissmässig geringe Kraft gegenübersteht, wie ihn Fig. 11 darstellt. Diese wurde mit $^3/_4$ Hub und mit der Stosskraft von 3 Kgrm an dem Rohre II erhalten, nachdem die Spannung im Rohre auf $6 \cdot 4^{\text{cm}}$ Quecksilberdruck erhöht worden war. Wir finden hier gar keine Wellenspitze mehr, sondern eine in ungleichen Bögen aufsteigende krumme Linie, deren Neigung in jedem Augenblicke die Geschwindigkeit angiebt, mit welcher die Ausdehnung des Rohres in seinem vorderen Abschnitte durch die eindringende Flüssigkeit bewirkt wurde. Die geringere Neigung der aufsteigenden Linie in den ersten zwei Dritttheilen ihrer Höhe zeigt, dass die Ausdehnung im Anfange am raschesten erfolgte; dann, an dem Punkte, wo man das Auftreten einer Spitze erwartet hätte, krümmt sich die Linie, indem sie sich einer horizontalen nähert, und zeigt dadurch eine starke Verzögerung in der Ausdehnung an. Hierauf endlich steigt sie wieder etwas rascher, aber ohne bei dem zunehmenden Spannungswiderstande im Rohre die anfängliche Geschwindigkeit zu erreichen.

Vergleichen wir hiermit die Curven *a* und *b* Fig. 9, so zeigen diese, mit dem Unterschiede, dass bei ihren schwächeren Widerständen alle Theile der Linie rascher ansteigen, ganz ähnliche Verhältnisse der Ausdehnungsgeschwindigkeit in den entsprechenden Höhen ihrer aufsteigenden Linien.

Auch bei ihnen erfolgt die Ausdehnung am schnellsten im Anfange, bis zum Auftreten der ersten Wellenspitze, mit deren Bildung die Ausdehnung einen Augenblick unterbrochen zu werden scheint, um sich dann im letzten Abschnitte langsamer als im Anfange wieder fortzusetzen.

Dieselbe Ursache, welche der Bildung einer Spitze vor dem vollständigen Eintritt der Hubmenge zu Grunde liegt, bedingt offenbar auch die Verzögerung in der Ausdehnung des vorderen Rohrabschnittes. Ich werde auf die Besprechung dieser Verhältnisse erst später eingehen, wenn wir die Spitzenbildung bei freiem Abflusse kennen gelernt haben werden.

Auch Landois ist die Erscheinung der Spitzenbildung vor Beendigung des Eintrittes der wellenerregenden Flüssigkeit nicht entgangen, er fasst sie aber in anderer Weise auf, indem er die Spitze oder deren Andeutung an mehreren Stellen als Elasticitätserhebung bezeichnet.

Für solche, welche diese Versuche wiederholen wollen, bemerke ich, dass man darauf achten muss, dass die Pumpe einen durchaus gleichmässigen Gang habe, weil jede Verzögerung desselben durch äussere Ursachen ebenfalls zur Bildung einer Spitze führt.

Ein der Spitzenbildung vor beendetem Eintritte des Hubes ganz gleicher Vorgang lässt sich übrigens auch mit Ausschluss der Pumpe darstellen, indem man Wasser aus einer bestimmten Fallhöhe in ein schon gefülltes elastisches Rohr so lange eintreten lässt, bis das gleichmässige Fliessen beginnt. Der Versuch wird auf dieselbe Weise ausgeführt, in welcher Landois seine grundlegenden Versuche beschreibt, indem man eine Klemme öffnet, welche das Versuchsrohr, auf dem der Pulshebel ruht, von dem Rohre abschliesst, welches das unter dem Drucke der Fallhöhe stehende Wasser zuführt. So lange das Fliessen noch nicht eingetreten ist, findet unter dem Drucke des rasch einströmenden Wassers eine Wellenbildung statt, wobei das nachdringende Wasser die vollständige Entwickelung des ersten Wellenthales verhindert, und man erhält Curven, welchen unsere Curven *a* und *b*, Fig. 9, vollkommen entsprechen. Verzögert sich bei sehr grosser Länge des Rohres der Eintritt des Fliessens, so wiederholen sich die Wellen in der aufsteigenden Linie, es wird aber wegen der zunehmenden Spannung des vorderen Rohrabschnittes jede folgende weniger deutlich ausgebildet, Fig. 24. Mit dem Eintritte des Fliessens ist die erhöhte Grundlinie erreicht, welche der Ausdehnung des Rohres durch den Seitendruck des fliessenden Wassers auf dessen Wandung entspricht, und der Vorgang beendet. Hatten wir in das Rohr ein Manometer eingeschaltet, so steigt das Quecksilber desselben in wiederholten Absätzen in die Höhe, bis es seinen bleibenden Stand bei gleichmässigem Fliessen eingenommen hat. Die Absätze kennzeichnen sich entweder durch ein kurzes Zurückgehen des aufsteigenden Quecksilberfadens, was die Bildung einer deutlichen Spitze und eines ihr folgenden kleinen

Wellenthales andeutet oder durch ein kurz dauerndes Einhalten oder endlich nur durch eine vorübergehende Verzögerung im Gange des Aufsteigens. Jeder Absatz entspricht einer Wellenspitze, wie Fig. 24 zeigt, die an einem Rohre von 15 Meter Länge und 4 ^{mm} Weite mit der Fallhöhe von 1.27 Meter erhalten wurde. Man bemerkt zuerst eine besser ausgebildete Wellenspitze mit Thal, welcher eine zweite weniger ausgebildete und eine dritte nur angedeutete folgt.

Auch bei Landois ist dieser Vorgang in seiner Fig. 18, S. 107, in den beiden abgesonderten Wellenzeichnungen auf der rechten Seite der Tafel zu erkennen, die er auf der vorhergehenden Seite als systolische Wellenschwingungen bezeichnet.

Bildung der Wellenspitze bei freiem Abflusse. In den folgenden Figg. 12—15 habe ich jedesmal zuerst die Spitze am geschlossenen Rohre gebildet und dann die vollständige Curve bei freiem Abflusse nachfolgen lassen. Diese Curven wurden mit Gewichten von 1·5 bis 3 Kgrm, jedesmal um 0·5 Kgrm steigend und mit dem vollen Hube gemacht, nachdem der Gang der Pumpe durch Veränderung des Kolbens etwas leichter geworden war. Der Abfluss aus dem Rohre II geschah auf dem Wege durch den venösen Schlauch in die offene Woulff'sche Flasche, er war also frei, während die Spannung im Rohre zugleich etwas erhöht war, denn die Abflussmündung des Venenschlauches befand sich etwa 8 ^{cm} höher, als die Tischplatte, auf welcher das Rohr lag.

Man bemerkt an diesen Bildern, dass die Wellenspitze der vollständigen Curve in ihrer Form und, mit unwesentlichen Unterschieden, auch in ihrer Höhe, jedesmal die Wellenspitze wiedergiebt, welche man am geschlossenen Rohre erhalten hatte. Dadurch ist es erwiesen, dass auch bei freiem Abflusse die Bildung der ersten Spitze in derselben Weise erfolgte, wie am geschlossenen Rohre. Wir werden später sehen, in welchem Falle diese Regel eine Ausnahme erleidet. Die Züge, in welchen sich die beiden Formen unterscheiden, treten erst nach erfolgter Spitzenbildung auf, und der am meisten hervorragende Unterschied ist an der Curve bei freiem Abflusse das Wegfallen der erhöhten Grundlinie der Curve des geschlossenen Rohres.

In Figg. 12 und 13 sehen wir, dass sich an den Curven des geschlossenen Rohres die aufsteigende Linie nach Bildung der Spitze noch weiter erhebt, an den vollständigen Curven ist dies nicht der Fall, woraus hervorgeht, dass bei diesen Curven sogleich nach Bildung der Spitze der Abfluss eingetreten war. Der Klappenschluss konnte jedesmal beobachtet werden; er ist in Fig. 12 unter *k* durch eine schwache Senkung am Schlusse der wagerechten Linie angedeutet, welche sich wie ein gerader Rücken an die Spitze anschliesst. Diese wagerechte Linie entspricht einer gleichblei-

benden Ausdehnung des Rohres und zeigt, dass der weitere Eintritt der Flüssigkeit bis zum Augenblicke des Klappenschlusses mit der gleichen Geschwindigkeit erfolgte, wie der Abfluss, es ist die erhöhte Grundlinie des gleichmässigen Fliessens. Nach Schluss der Klappe entleert sich die bis dahin noch eingetretene Menge langsam, wie das von nun an gleichmässige Sinken der ohne deutliche Wellenbildung zur Grundlinie absteigenden Abflusslinie anzeigt.

In Fig. 13 hat der Abfluss gleichfalls nach Bildung der Spitze begonnen, allein bei der stärkeren Stosskraft erfolgt hier das weitere Einströmen noch etwas rascher, als der Abfluss und daher wird nach Andeutung des ersten Wellenthales die Oberfläche des Rohres noch vor dem Klappenschlusse von Neuem in einem Wulste erhoben. Das Einströmen geschieht aber doch nicht rasch genug, um mit dem Klappenschlusse eine deutliche zweite Spitze zu bilden, wie dies unter ähnlichen Umständen in anderen Fällen bisweilen vorkommt (Fig. 20).

In Fig. 14 bildet die erste Spitze zusammen mit dem Klappenschlusse eine gemeinsame abgestumpfte Erhebung, auf welcher man zwischen beiden noch die Andeutung des ersten Wellenthales erkennt, ähnlich wie in Fig. 9 *d*, und unmittelbar nach dem Klappenschlusse fällt die Abflusslinie steil herab.

In Fig. 17 liegt der Klappenschluss schon so nahe an der Spitze, dass er in der absteigenden Linie der vollständigen Curve nicht mehr deutlich hervortritt. Die steil fallende Abflusslinie bildet die Fortsetzung des absteigenden Schenkels der ersten Spitze.

Nach der näheren Untersuchung dieser Curven wird man die etwas vollständigere Entwickelungsreihe der Spitze in acht Bildern, Figg. 16—23 ohne weitere Erklärung verstehen. Die Stossgewichte erhoben sich von 1·5 bis zu 5 Kgrm, jedesmal um 0·5 Kgrm zunehmend und es wurde der volle Hub genommen. Im Uebrigen war die Anordnung des Versuches wie vorher.

Bei der schwächsten Stosskraft, Fig. 16, bildete der Klappenschluss nach etwa $1^1/_2$ Secunden den Abschluss des geraden Rückens, der wieder der erhöhten Grundlinie des gleichmässigen Fliessens entspricht. Bei zunehmender Stosskraft geht dem Klappenschlusse zuerst noch eine wulstartige Erhebung vorher, die sich allmählich schärfer ausbildet, und in Fig. 20 zu einer deutlichen zweiten Spitze wird. Nachdem sich mit der steigenden Stosskraft der Klappenschluss der ersten Spitze immer mehr genähert hat, fällt er endlich in Figg. 22 und 23 mit dieser zusammen. Die Fig. 22 kommt der normalen Pulsform am nächsten, man findet aber auch alle übrigen hier gegebenen Formen in den Pulscurven vertreten, wie wir später sehen werden. In Fig. 20 und 21 ist die Abflusslinie nicht ganz regelmässig gebildet, weil der gleichmässige Abfluss durch eine Zufälligkeit ge-

stört wurde und durch eine andere Unregelmässigkeit ist die Höhe der Fig. 18 eine etwas geringere geworden, als ihrer Stellung in der Reihe entspricht. Die bis hierher erhaltenen Bilder legen die Entwickelung der Curvenspitze in Form einer einfachen oder einer durch Verbindung mit dem Klappenschlusse zusammengesetzten Wellenspitze, sowie auch ihr Verhältniss zur Stärke des Stosses und zur Spannung des Rohres klar vor Augen.

Bei gleicher Spannung und gleicher Hubmenge sahen wir, dass die Form und die Höhe der Spitze von der Grösse der Stosskraft abhängt. Wir sahen auch, dass die Spannung im Rohre als Widerstand gegen das Eindringen der von einer bestimmten Kraft getriebenen Flüssigkeit wirkte und dadurch ebenfalls, und zwar in umgekehrter Weise wie die Kraft, die Form beeinflusste (Fig. 9—11). Das Verhältniss zwischen Kraft und Widerstand lässt sich zusammenfassen in dem Begriffe der Geschwindigkeit, und es ist also die Geschwindigkeit des eintretenden Stromes, welche unter sonst gleichen Umständen die Form der Curvenspitze bedingt.

Vorgang der Spitzenbildung. Der Vorgang im Rohre, welcher zur Bildung der Spitze führt, ist derselbe, unter welchem die Welle entsteht.

Eine Spitze kann sich in der Zeichnung der Welle nur bilden, indem sich der Umfang des Rohres zuerst ausdehnt und dann wieder zusammenzieht. Würde man in ein leeres Rohr eine kleine Menge Flüssigkeit eintreten lassen, so würde diese die Bahn frei finden und den vorderen Abschnitt des Rohres nicht ausdehnen; es ist also der Widerstand des Rohrinhaltes, welcher die Anhäufung einer hinzukommenden Menge zunächst im vorderen Abschnitte, und damit dessen Ausdehnung bedingt. Damit sich dieser Theil des Rohres wieder zusammenziehe, muss die eingetretene Flüssigkeit in das Rohr hinein ausweichen können.

Das Rohr ist aber angefüllt und Raum zum Ausweichen wäre nicht gegeben, wenn sich das Rohr nicht auf eine weitere Strecke erweitern könnte.

Unter dem Drucke, welchen die im vorderen Abschnitte des Rohres mit seiner Ausdehnung zunehmende Spannung durch Vermittelung der Flüssigkeit auch auf den angrenzenden Abschnitt des Rohres ausübt, beginnt dieser ebenfalls sich zu erweitern und so schreitet die Ausdehnung von Abschnitt zu Abschnitt fort. Die Ausdehnung, welche im vorderen Abschnitte am grössten ist, stuft sich ab bis zu einem entfernteren, an welchem sie eben beginnt und es bildet sich so eine trichterförmige Erweiterung des Rohres aus, welche in jedem Augenblicke an Länge und Rauminhalt zunimmt. Während dies geschieht nimmt aber mit der steigenden Spannung im vorderen Abschnitte des Rohres der Widerstand gegen den weiteren Eintritt von Flüssigkeit zu, dessen Geschwindigkeit immer kleiner wird; fände ein Ausweichen nicht Statt, so würde er endlich in's Stocken kommen.

Unter diesen Umständen wird nun ein Augenblick kommen müssen, in welchem die Erweiterung des Rohres hinreichend vorgeschritten ist, um die bis dahin eingetretene Flüssigkeit aufnehmen zu können. Diese beginnt jetzt im vorderen Abschnitte sich zu vermindern, weil unterdessen auch die Geschwindigkeit des Eintrittes abgenommen hat, und das Rohr kann sich dort zusammenziehen.

Damit ist die Spitze gebildet, die Welle nimmt ihren regelmässigen Verlauf und wenn das Einströmen jetzt aufhört, so erhält man die Zeichnung einer oder mehrerer wiederholten Wellenschwingungen.

Setzt sich das Einströmen aber unter der gleichen Kraft fort, so findet die noch weiter hinzukommende Flüssigkeit ein erweitertes, aber etwas stärker gefülltes und gespanntes Rohr, in welchem sich derselbe Vorgang wiederholt. Sogleich nach Bildung der ersten Spitze beginnt die Ausdehnung von neuem und verhindert die vollständige Entwickelung der ersten Welle.

In dieser Weise häuft sich bis zum Eintritte des Fliessens oder wenn die Mündung verschlossen ist, bis zum Aufhören des Einströmens, Welle auf Welle, nur dass mit der zunehmenden Füllung und Spannung des Rohres für jede folgende Welle das Ausweichen in beschränkterem Maasse stattfinden kann, wodurch die späteren Wellen immer schwächer ausgebildet werden; siehe Fig. 24 und die Curve am geschlossenen Rohre Fig. 12.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Ausdehnung des Rohres sich fortpflanzt, ist eine bestimmte und sehr grosse; sie betrug bei unseren Rohren, wie ich später noch zeigen werde, 14 Meter in der Secunde.

Diese Geschwindigkeit bleibt die gleiche, ob das Einströmen langsamer oder ob es schneller bewirkt werden mag; geschieht es langsamer, so wird der zum Ausweichen nöthige Raum im Rohre schon gebildet sein, ehe noch der vordere Abschnitt des Rohres eine bedeutendere Ausdehnung erreicht haben könnte, und dies ist der Grund, warum unter solchen Umständen die erste Wellenspitze näher an der Grundlinie auftritt, als bei rascherem Eintritt der Hubmenge. Ist nun die Hubmenge so gross, dass sich nach Bildung der ersten Welle das Einströmen noch fortsetzt, so wird dann mit dessen Unterbrechung eine zweite Welle auftreten.

Aus dieser Betrachtung erklärt es sich, warum bei geringerer Geschwindigkeit des Einströmens die Bildung einer ersten Spitze vor Vollendung des Hubes stattfindet, und es folgt weiter daraus, dass eine mit dem Klappenschlusse auftretende zweite Spitze, die bisweilen höher wird, als die erste (Figg. 7, 8, Fig. 9 c) nicht einfach als eine wiederholte auf die erste Spitze folgende Wellenschwingung zu betrachten ist, sondern dass sie aus einer durch das fortdauernde Einströmen neu erregten Welle hervorgeht. Wir dürfen daher auf dieses Auftreten die Bezeichnung einer zusammengesetzten Welle anwenden.

Wenn der Inhalt eines Rohres in fliessender Bewegung ist, geht die Wellenbildung in derselben Weise vor sich, wie bei ruhendem Inhalt, solange die Geschwindigkeit der eingetriebenen Flüssigkeit grösser ist, als die Geschwindigkeit des Fliessens.

Abflusslinie und Abflusserhebung.

Als Abflusslinie haben wir zuerst die absteigende Linie bezeichnet, welche sich in der Wellenzeichnung des geschlossenen Rohres an die erhöhte Grundlinie anschloss, während der Abfluss nach Oeffnung der Mündung erfolgte. Bei langsamem Abflusse senkte sich die Abflusslinie allmählich zur ersten Grundlinie herab, Fig. 6, bei raschem Abflusse bildete sich an ihrem unteren Theile eine Thalwelle mit einer Erhebung, Figg. 7 und 8.

In den vollständigen Curven, Figg. 12—15, setzte sich die Abflusslinie sogleich nach Bildung der Spitze an die Zeichnung der Curve an, in Figg. 12 und 13 wurde zunächst ihr tieferes Sinken vor dem Klappenschlusse durch den Eintritt des Fliessens verhindert, dann aber fiel sie aus geringer Höhe zuerst steil herab, wobei sie noch keine Erhebung, sondern nur einen einspringenden Winkel bildete, von dem aus sie sich langsamer bis zur Grundlinie absenkte. Bei dem stärkeren Strom der Fig. 14, in welcher der obere Theil der Curve mit dem Klappenschlusse thurmartig hervorragt, fällt die Abflusslinie aus grösserer Höhe herab und es tritt bei dem Uebergange in ein langsameres Sinken in ihrem unteren Theile eine vollständige negative Welle mit Thal und Erhebung auf. Das Gleiche finden wir an den Curven Figg. 15, 19, 22 und 23, während die Erhebung in 20 und 21 nur zufällig fehlt, weil bei der damaligen Versuchsanordnung der Abfluss nicht immer ganz gleichmässig erfolgte. Eine ähnliche Erhebung mit vorhergehendem Thale tritt auch an der normalen Form der Pulscurven und an den gleichgebildeten künstlichen Formen, Fig. 1 a, c auf. Sie wird nach Landois als Rückstosserhebung bezeichnet, eine Benennung, welche für uns noch nicht hinlänglich begründet ist, und ich will daher die sachliche Bezeichnung der Abflusserhebung dafür gebrauchen, weil sie den künstlichen Curven der Abflusslinie angehört.

Wie entsteht nun die Abflusserhebung?

Wenn man nur die vollständige Curve in's Auge fasst, könnte man sie zunächst als die Spitze einer zweiten bez. dritten Wellenschwingung auffassen, welche sich während des Abflusses noch ausbildet. Man kann in der That auch bei freiem Abflusse an längeren Rohren durch Anwendung einer sehr starken Stosskraft, an kürzeren unter gleichzeitiger Verminderung der

Spannung auch noch eine zweite und dritte wiederholte Schwingung auf der Abflusslinie zur Darstellung bringen, allein gegen die allgemeine Anwendbarkeit einer solchen Erklärung spricht der Umstand, dass diese Erhebung hier auch bei schwächerer Stosskraft vorkommt, wenn die Geschwindigkeit des Einströmens nicht mehr hinreicht, um mit dem Klappenschlusse eine deutliche zweite Spitze zu bilden, wie in Figg. 14 und 19, und sie würde also in diesen Fallen noch viel weniger zur Bildung einer wiederholten Wellenschwingung nach dem Klappenschlusse ausreichen.

Es wurde mir nun wahrscheinlich, dass der Abfluss selbst einen Antheil daran habe und ich untersuchte zunächst den Abfluss am geschlossenen Rohre. Es wurde die Mündung des Rohres II, welches wie vorher mit dem Venenschlauche in Verbindung stand, mit dem Finger geschlossen und dann ein voller Hub in das Rohr eingetrieben, wobei sich die Grundlinie auf die Höhe *g* erhob, wie der senkrechte Strich der Nadel, *sg* in Fig. 25, jedesmal anzeigt. Nachdem sich die Oberfläche abgeglichen hatte, wurde die Tafel des Pulshebels in Gang gesetzt, und gleich darauf der Finger rasch weggezogen, um der eingetriebenen Flüssigkeit den Austritt zu gestatten. Indem sich das Rohr nun auf seine frühere Grundlinie zusammenzog, bildete sich in dem unteren Theile der Abflusslinie eine negative oder Thalwelle, Fig. 25, *a*. In *b* war der Abfluss durch unregelmässige Widerstände gestört, daher die unvollkommene Ausbildung dieser Welle, welche zur Erklärung der ähnlichen Erscheinung in Figg. 20 und 21 dient. Um dies zu vermeiden, wurde für die Wiederholung des Versuches die Mündung des Rohres ausser Verbindung mit dem Venenschlauche gesetzt und die Mündung ganz frei gelassen. An der Stelle des Rohres II wurde ein anderes von gleicher Weite, und nicht ganz 3 M. Länge mit dem Rohre I verbunden, und, um die Form der Welle in verschiedener Entfernung von der Mündung kennen zu lernen, wurde der Pulshebel zuerst in dem oberen Drittheile, dann in der Mitte und endlich näher der Mündung in dem unteren Drittheile aufgesetzt, wobei in dieser Reihenfolge die Curven Fig. 26 *a*, *b*, *c* erhalten wurden.

Die Curvenbilder waren an verschiedenen Stellen des Rohres nicht die gleichen. Im oberen Drittheile *a* war die Thalwelle nur schwach entwickelt, sie lag hoch oben an der Abflusslinie und wiederholte sich weiter abwärts in weniger deutlichen Schwingungen. In der Mitte *b* des Rohres trat die Welle in der Mitte der Abflusslinie auf und war viel grösser, man findet auch hier die Andeutung einer Wiederholung. Endlich noch näher der Mündung, *c*, lag die Welle im unteren Theile der Abflusslinie, so dass ihr Wellenthal die Grundlinie berührte; sie war hier am grössten und zeigte eine deutliche zweite Schwingung.

Vergleichen wir diese Curvenbilder von der Mündung nach aufwärts, so zeigen sie, in welcher Weise die Entleerung des Rohres vor sich geht.

Entleerung des gespannten Rohres. Es ist schon erwähnt worden, dass das an der Mündung offene elastische Rohr nach Ablauf einer Welle bei der Spannung Null mit Wasser gefüllt bleibt. Wenn nun an dem geschlossenen Rohre, dessen Spannung durch Eintreiben einer grösseren Menge von Flüssigkeit überall gleichmässig erhöht ist, plötzlich die Mündung geöffnet wird, so fliesst die im Ueberschusse eingetriebene Flüssigkeit in einem abnehmenden und zuletzt unterbrochenen Strahle wieder aus, und dabei erniedrigt sich die Spannung des zurückgebliebenen Inhaltes auf Null.

Der Ausfluss könnte nun auf zweierlei Weise stattfinden, entweder indem sich das Rohr überall gleichzeitig zusammenzieht und die überschüssige Flüssigkeit ausstösst, dann würde aber keine Welle entstehen, oder, indem sich zuerst der nächst der Mündung gelegene kleinste Abschnitt nach Aussen entleert, dann der folgende in diesen u. s. w., bis nach erfolgter gleichmässiger Vertheilung der Inhalt der Spannung Null entspricht.

Die Abbildungen der Wellen zeigen, dass das letztere der Fall ist. In Fig. 26 *c* erkennt man an dem tiefen Herabtreten des ersten Wellenthales und an der grösseren Ausbildung der Wellenspitze, dass in der Nähe der Mündung das Rohr sich am stärksten zusammenzog, es war also hier eine grössere Flüssigkeitsmenge auf einmal entleert worden, als an den weiter oben gelegenen Stellen, denn nur so konnte die Zusammenziehung ihre bedeutende Grösse erreichen.

Der Vorgang an der Mündung scheint nun folgender zu sein:

Wenn die Mündung des geschlossenen und überall gleichmässig gespannten Rohres geöffnet wird, so lässt zunächst an der Mündung der Widerstand nach, welcher den unter dem Druck der Spannung stehenden Inhalt im geschlossenen Rohre zusammenhielt. Es tritt also zuerst die Flüssigkeit aus dem zunächst der Mündung gelegenen kurzen Abschnitte aus, und das Rohr zieht sich an diesem Theile zusammen, indem es nach dem bekannten Vorgange der Wellenbildung eine negative Welle bildet, die mit einem Wellenthale beginnt. Die Zusammenziehung des Rohres im vorderen Abschnitte verkleinert die Mündung und verzögert dadurch den Austritt der Flüssigkeit aus dem nächstfolgenden zweiten Abschnitte so lange, bis sich der vordere Abschnitt zur Bildung der Wellenspitze wieder ausdehnt, und so den Austritt der Flüssigkeit aus dem zweiten Abschnitt möglich macht. Nach Bildung dieser Wellenspitze folgt nun im vorderen Abschnitt ein zweites kleineres Wellenthal, welches die neu hinzugekommene Flüssigkeit austreibt, und so geht es fort, bis das Gleichgewicht unter Herstellung der früheren Grundlinie wieder eingetreten ist.

Wenn man den Abfluss aufmerksam beobachtet, kann man zuletzt

eine abwechselnde Verstärkung und Schwächung des ausfliessenden Strahles erkennen.

Von der Mündung des Rohres ausgehend pflanzt sich die Welle rasch nach dem Ursprung hin fort, und während die Bewegung jeden folgenden kleinsten Abschnitt ergreift, wird sich dessen Inhalt mit dem Inhalt des vorhergehenden Abschnittes ausgleichen.

Während der erste an der Mündung gelegene Abschnitt einen Theil seines Inhaltes in den freien Raum entleert, wo er keinen Widerstand findet, entleert sich der zweite Abschnitt in den ersten, dessen Raum einen Theil seines anfänglichen Inhaltes unter einer geringeren Spannung noch behalten hat. Der zweite wird also schon weniger Flüssigkeit verlieren können, als der erste, und so verliert auch jeder folgende weniger als der vorhergehende. Aus diesem Grunde zieht sich der Umfang des Rohres an den weiter von der Mündung gelegenen Stellen immer weniger stark zusammen und wir finden demgemäss, dass im Verhältnisse der Entfernung des Pulshebels von der Mündung das Thal der Abflusswelle an höher liegenden Punkten der Abflusslinie auftritt und dass seine absteigende Linie kürzer und weniger steil ist. Wie das Thal so ist auch die Erhebung der Wellenspitze weniger stark ausgebildet und die schwächere Entleernng des Rohres an den weiter von der Mündung gelegenen Stellen ist also von einer geringeren Entwickelung der Abflusswelle begleitet. Umgekehrt bewirkt näher der Mündung die stärkere Entleerung eine grössere Abflusswelle mit einer stärkeren Erhebung ihrer Spitze.

Da die Abflusswelle nicht an allen Stellen des Rohres gleichzeitig auftreten kann, sondern dort anfangen muss, wo die Flüssigkeit austritt, und da ihre Zusammenziehung nicht nur den Abfluss des vor ihr liegenden Theiles des Rohrinhaltes befördert, sondern auch den des hinter ihr liegenden zurückhällt, so lässt sich folgern, dass an keiner Stelle des Rohres der Abfluss eher beginnt, als bis die Welle sie berührt hat. Die Spannung kann sich demnach an keiner Stelle vor Ankunft der Welle ändern und hiermit übereinstimmend führt die Abflusslinie überall aus der gleichen Höhe und ohne Unterbrechung zur Bildung des ersten Wellenthales.

Ein Rückstoss auf das geschlossene Ende des Rohres, wie Landois voraussetzt, könnte bei diesem Vorgange niemals entstehen. Dieses steht im Beginn des Abflusses unter dem gleichen Spannungsdruck wie die übrigen Theile des Rohres, und die Zusammenziehung an der Mündung, welche eine Arbeit der durch die Ausdehnung erzeugten Spannung ist, kann als solche keinen grösseren Druck ausüben, als die Spannung selbst. Die Kraft der Zusammenziehung, in Verbindung mit dem Widerstande des in dem von der Welle ergriffenen Theile des Rohres vorhandenen Inhaltes, reicht

aber hin, um die Spannung in der Strecke des Rohres, welche von der Welle noch nicht berührt ist, im Gleichgewicht zu erhalten.

So wie der Wellenberg der Bergwelle mit einer aufsteigenden Linie beginnt, so beginnt das Thal der Thalwelle mit einer absteigenden Linie, die in Fig. 26 von der erhöhten Grundlinie ausgeht. Wenn eine solche nicht vorhanden ist, wie in Figg. 15, 22, 23, bildet die Abflusslinie, indem sie sich an die Spitze der Curve ansetzt, zugleich den absteigenden Schenkel der Spitze und die absteigende Linie der Abflusswelle, und nur wenn die Abflusslinie durch die Andauer des Einströmens in stärkerem Grade unterbrochen wird, Figg. 13—14, beginnt die Abflusswelle von dem Klappenschlusse. Wir sehen ferner in den Figg. 12—15, die mit gleichen Hubmengen dargestellt wurden, dass die Entwickelung der Abflusswellen mit der Höhe der Curven eine stärkere wird.

Abflusslinie an der vollständigen Curve. Wir wollen nun an denselben Stellen des Rohres, an welchen die Curven Fig. 26 erhalten wurden, die vollständigen Curven bei freiem Abflusse vergleichen. Diese, Fig. 27 *a*, *b*, *c*, sind mit $^7/_8$ Hub und mit dem Gewichte von 3 Kilogr. an den gleichen Stellen des Rohres dargestellt, so dass *a* näher dem Anfange, *b* in der Mitte und *c* im unteren Theile erhalten wurde.

Die Curven Fig. 27 gehören einer gewöhnlichen Form der Pulscurve an und die Bilder ihrer Abflusswellen stimmen insofern mit den Abflusswellen in Fig. 26 überein, als mit Annäherung an die Mündung das Wellenthal der Grundlinie näher rückt. Die Abflusswelle selbst aber verhält sich gerade umgekehrt wie in Fig. 26, indem sie nicht an der Mündung in *c*, sondern entfernt von der Mündung in *a* am grössten ist. Während sie sich mit Annäherung an die Mündung verkleinert, findet aber in ähnlichem Verhältniss auch eine Verkleinerung der ganzen Curve statt.

Aus der Grösse der Abflusswelle bei *a* können wir schliessen, dass bei Fig. 27 die Entleerung des Rohres an dieser Stelle schneller erfolgte, als bei Fig. 26, und die Abnahme in der Höhe der ganzen Curve an den Stellen zwischen *a* und der Mündung deutet darauf hin, dass hier ein Vorgang hinzukommt, der bei Fig. 26 nicht vorhanden war. Dort hatten wir es mit der Abflusswelle am gleichmässig gefüllten und gespannten Rohre zu thun. Hier scheint es, als sei das Rohr in der Entleerung begriffen gewesen, als die Bergwelle in *b* und in *c* sich zeichnete, sicher war sein Umfang kleiner als bei *a*, was aus der kleineren Entwickelung der Curve hervorgeht.

Ich hatte an jeder der drei Stellen *a*, *b* und *c* auch die Curve am geschlossenen Rohre gebildet, welche überall gleich hoch war. Bei offener Mündung war die gleiche Höhe nur in *a* erreicht worden, in etwa derselben Entfernung von der Mündung, wie bei den Curven Figg. 12—15 und dies

scheint anzudeuten, dass an der Stelle *a* das Rohr bei Bildung der vollständigen Curve in normaler Weise ausgedehnt war, während das Verhalten bei *b* und *c* noch unerklärt bleibt.

Seitendruck oder Wanddruck der Welle.

Die Verkleinerung der Welle mit dem zurückgelegten Wege wird dem Umstande zugeschrieben, dass die Welle durch die Widerstände, welche sie auf dem Wege ihrer Fortpflanzung überwindet, an Kraft abnehmen müsse und dies würde sich in einer Abnahme des Seitendruckes der Welle auf die Wandungen des Rohres ausprägen, welcher ja die Höhe der Welle und ihrer Curven bedingt. Das Gesetz, nach welchem der Wanddruck abnimmt ist mir nicht bekannt, nach unseren seitherigen Beobachtungen aber darf man vermuthen, dass er in der Nähe der Mündung schneller abnehme, als an anderen Stellen. Bei freiem Abflusse scheint dort die Abnahme Verhältnisse anzunehmen, wie wir sie bei *b* und *c* Fig. 27 kennen gelernt haben, und diese entsprechen etwa der Abnahme des Seitendruckes, den das Wasser bei gleichmässigem Fliessen auf die Wandungen des Rohres ausübt. Dieser wird bekanntlich im Verhältniss, in welchem man sich der Mündung nähert, in gerader Linie allmählich absteigend kleiner, bis er an der Mündung gleich Null wird. Nur das letztere dürfen wir für die Welle nicht voraussetzen, deren Druck bei dem Austritt aus der Mündung immer noch etwas höher sein muss, als der Druck des fliessenden oder ruhenden Wassers.

Zur Untersuchung dieser Verhältnisse schien es mir geeignet, einen anderen Weg einzuschlagen. Ich hatte bemerkt, dass die Höhe der Curven und ihrer verschiedenen Abstufungen von den Schwankungen eines eingeschalteten Manometers in den gleichen Verhältnissen wiedergegeben wurde, wie sie die Curve anzeigt. Dieses Mittels bediente ich mich nun, um in kürzeren und längeren Rohren, bis zu 16 Meter Länge, die abnehmende Höhe einer Welle zu verfolgen, indem ich den Wanddruck der Welle am Manometer beobachtete.

Die Arbeit ist zu umfangreich, um hier eingeschaltet zu werden, da sie auch die Verhältnisse des Fliessens, die Geschwindigkeit und den Widerstand berücksichtigt. Ich werde sie gesondert veröffentlichen und will hier nur das Nothwendigste mittheilen.

Wenn ich Rohre von verschiedener, aber nicht unter 3 Meter betragender Länge bei gleicher eintreibender Kraft verglich, so war die Wellenhöhe am Eingange des Rohres bei jeder Rohrlänge die gleiche und es machte auch keinen Unterschied, ob die Mündung offen oder verschlossen war. Mit der

Länge des zurückgelegten Weges nahm die Wellenhöhe zuerst rascher, dann langsamer ab, bis endlich in grösserer Entfernung von dem Eingange des Rohres der Unterschied von Meter zu Meter sehr unbedeutend wurde und die Abnahme erfolgte also bei meinen Beobachtungen am 4 mm weiten Rohre nicht in einem einfachen Verhältnisse zur Rohrlänge.

Wenn ich die zu den Wellenhöhen gehörigen Weglängen als Abscissen und die Wellenhöhen selbst als Ordinaten in ein rechtwinkliges Axensystem eintrug, so erhielt ich eine Curve, in welcher das Verhältniss der durchlaufenen Rohrlänge x, in Metern, zu der Wellenhöhe y, durch die Formel

$$y = \frac{a}{\sqrt{x+1}}$$

ausgedrückt wurde, wobei a die Höhe der Welle am Eingange des Rohres bei der Weglänge $x = 0$ ist. Die Wellenhöhe verlief demnach in einer Curve, zu welcher die Abscissenachse eine Asymptote bildete.

Dieses Verhalten zeigte sich bei den verschiedenen Rohrlängen immer bis zu einer Entfernung zwischen 3 und 2 Meter von der Mündung, wo ein rascheres Abnehmen der Wellenhöhe einzutreten begann, so wie es den Curven der Fig. 27 entspricht. In der Nähe der Mündung war der Wanddruck der Welle bei kürzeren Rohrlängen immer etwas grösser, als bei längeren, und auch bei Anwendung stärkerer Druckkraft verliess die Welle das Rohr mit einem höheren Wanddrucke, als bei geringerer Kraft.

Der Vorgang, welcher der raschen Verminderung der Wellenhöhe in der Nähe der Mündung zu Grunde liegt, lässt sich verfolgen, wenn man beobachtet, wie der Abfluss der Welle zu Stande kommt. Erregt man am Eingange eines sehr langen, mit Wasser gefüllten Rohres, nachdem man in der Nähe der Mündung ein Manometer angebracht hat, eine Welle, so zeigt sich, dass an der offenen Mündung der Abfluss nicht eher beginnt, als bis der Anstoss zur Wellenbildung dort angelangt ist. Bei einem 16 Meter langen Rohre dauert dies über eine Secunde. Die Beobachtung wird erleichtert, wenn man der Mündung ein kurzes und dünnes Glasröhrchen einfügt, welches man neben das Manometer hält, so dass man dieses und den Stand des Quecksilbers im Manometer gleichzeitig beobachten kann, und man bemerkt jetzt, dass das Wasser im Röhrchen nicht eher in Bewegung kommt, als bis das Manometer die Ankunft der Welle angezeigt hat. Es bildet sich nun eine Abflusswelle, die nach dem Eingange des Rohres zurückläuft. Aus dem, was bereits über die Fortpflanzung der Wellenbewegung mitgetheilt wurde, erinnern wir uns, dass das Rohr nach rückwärts von dem Punkte an welchem die Bergwelle eben beginnt, in trichterförmiger Erweiterung begriffen ist, und dies findet auch statt, wenn die Welle an der Mündung ankommt. Indem nun die Abflusswelle von

der Mündung nach aufwärts läuft, unterbricht sie die Zunahme dieser Erweiterung, deren bis dahin erreichte Grösse an jeder Stelle durch die Höhe der Curvenspitze angezeigt wird. Mit der Annäherung an die Mündung werden also die Curven immer an einem Rohre mit abnehmendem Durchmesser gebildet, und der hierdurch verminderten Curvenhöhe entspricht eine schwächere Entwickelung der Abflusswellen, wie in Fig. 27 *b*, *c*. Die Entfernung von der Mündung, in welcher die raschere Abnahme der Curvenhöhe beginnt, liegt an dem Punkte des Rohres, an welchem die Bergwelle bei Ankunft der Abflusswelle ihre normale Höhe eben noch erreicht hat, und sie hängt also von der Geschwindigkeit ab, mit welcher sich die Wellen in einem bestimmten Rohre fortpflanzen. [1]

Zur Erklärung der Fig. 27 bemerke ich noch, dass die etwas stärkere Neigung der aufsteigenden Linien in *b* und *c*, verglichen mit *a*, von der Abschwächung der Welle mit der Länge des zurückgelegten Weges herzurühren scheint, denn bei den Curven am geschlossenen Rohre fand ich ebenfalls, dass die Neigung der aufsteigenden Linie mit zunehmender Entfernung vom Eingange immer etwas zunahm, und dasselbe zeigte sich bei freiem Abflusse an einem 15 Meter langen Rohre.

Wenn unsere für die Mitwirkung der Abflusswelle bei der Bildung der Curvenform gegebene Darstellung richtig ist, so müsste an einem Rohre, welches die Länge von drei Metern überschreitet, der Ansatzpunkt der Abflusslinie an die Zeichnung der Bergwelle nicht an der ersten Wellenspitze sondern etwas später, an einer in der Entwickelung weiter vorgeschrittenen Stelle der Wellenzeichnung gefunden werden.

Die Richtigkeit dieser Folgerung liess sich an elastischen Rohren prüfen, indem man die Vereinigung der Bergwelle mit der von ihr erzeugten Thalwelle an verschiedenen Rohrlängen darzustellen versuchte.

Anschluss der Abflusswelle an die Curvenzeichnung.

Wir haben schon gesehen, dass die Bergwelle wiederholte Schwingungen im Gefolge hat, welche, so lange sie nicht durch die Ankunft der Abflusswelle unterbrochen werden, bei offener Mündung des Rohres dieselbe Reihenfolge und dieselbe Form einhalten müssen, wie bei geschlossener Mündung.

[1] Der hier beschriebene Vorgang ist derselbe, welcher als Reflexion eine Luftwelle am offenen Ende einer festen Röhre bekannt ist. Müller-Pfaundler's *Physik*. I. 438.

An einem sehr langen offenen Rohre würde also der entfernt von der Mündung angesetzte Pulshebel die Zeichnung wiederholen, welche er vorher bei geschlossener Mündung gegeben hatte. Nach Ablauf einer bestimmten Zeit würde die Zeichnung der Curve bei verschlossener Mündung von den zurückgeworfenen Wellen, bei freiem Abflusse an derselben Stelle von der Abflusswelle unterbrochen werden. Im ersten Falle würde von dort die erhöhte Grundlinie, im zweiten die Abflusslinie ausgehen.

Um den Punkt, an dem die Unterbrechung auftreten müsste, sicher bemessen zu können, war es nothwendig, vorher die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen an den benützten Rohren festzustellen und dies geschah mit Hülfe des Pulshebels, dessen Tafel bei ganz aufgezogener Feder im Mittel vieler Messungen den Weg von 12·04 ^{mm} in der Secunde zurücklegte. Ihre Geschwindigkeit ist zwar im Anfange ihres Laufes etwas grösser und nimmt gegen das Ende ihrer Bahn etwas ab, allein nicht so viel, um eine wesentliche Abweichung zu bewirken, besonders wenn die Curven nicht zu nahe an den Endpunkten liegen.

Für die Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit nahm ich ein etwas über 9 Meter langes, 4 ^{mm} weites Rohr, aus vier Stücken von möglichst gleicher Elasticität bestehend, welche durch kurze Glasröhrchen von derselben Weite verbunden waren. Der Pulshebel wurde an dem oberen Ende des gefüllten Rohres, 9 Meter von der Mündung aufgesetzt, und das untere Ende mit dem Finger verschlossen, dann wurde durch Einpumpen eines vollen Hubes das Rohr gespannt. Nach Ausgleichung der Spannung über das ganze Rohr wurde die Tafel des Pulshebels in Gang gesetzt, und wenn die Nadel einen bestimmten Punkt auf der Tafel, hier eine senkrechte Linie, berührte, wurde durch Lüftung des Fingers eine kleine Abflusswelle erregt. Es verfloss nun eine kurze Zeit, bis die Welle an dem Pulshebel ankam, und die Nadel zeichnete unterdessen eine gerade Linie, bis das ankommende Wellenthal ihre Senkung veranlasste. Fig. 30 giebt eine Vorstellung von dem Hergange. Der Lauf der Tafel wurde nun sogleich unterbrochen, und dann von neuem der Vorgang wiederholt.

Die Entfernung der Welle von der senkrechten Linie giebt in der Weglänge das Maass der Zeit, welche die Welle gebraucht hatte, um die Strecke von 9 Meter zurückzulegen.

Nachdem häufige Uebungen vorhergegangen waren, wurden nun auf zwei Tafeln je 25 dieser Weglängen verzeichnet, von denen jede gemessen und aus deren Maassen dann das Mittel gezogen wurde. Die Zusammenzählung der ersten 25 Messungen ergab als Summe aller Weglängen 192·0 ^{mm}, die Summe der zweiten 25 betrug 192·4 ^{mm}, und aus allen 50 wurde nun der Weg berechnet, welchen die Welle in einer Secunde zurück-

legte: er betrug 14·1 Meter, was mit ähnlichen von Anderen vorgenommenen Messungen nahe übereinstimmt.

Bei der angegebenen Geschwindigkeit der Tafel des Pulshebels zeichnete die Nadel eine Linie von 0·854 ^{mm} Länge, wenn die Welle ein Meter zurücklegte, das Doppelte, 1·71 ^{mm}, wenn sie diesen Weg hin und zurück machte.

Für die beabsichtigte Beobachtung wurde nun der Pulshebel nahe der Pumpe auf das weitere Rohr I aufgesetzt, welches in seiner Elasticität nicht wesentlich von den übrigen Rohren abwich, und dessen grössere Weite nach Donders (Landois S. 99) die Fortpflanzungsgeschwindigkeit nicht beeinflusste. Dies geschah, theils um eine möglichst grosse Zeichnung der Wellenschwingungen zu erhalten, theils weil die Zeichnung dieser Schwingungen möglichst spät durch die Abflusslinie unterbrochen werden sollte. Es war zu erwarten, dass in der weiteren Entfernung von der Mündung das Bild der Curve, ehe der Abfluss die Stelle erreichte, eine vollständige Wiederholung der Schwingungen wiedergeben würde, welche man bei geschlossener Mündung des Rohres erhalten hatte. Von diesem Bilde konnte es erst an jenem Punkte abweichen, wo sich am geschlossenen Rohre die Erhebungen der an der verschlossenen Mündung zurückgeworfenen Welle ansetzten, denn an demselben Punkte musste die Abflusswelle sich anschliessen, welche ebenso viele Zeit brauchte als die zurückgeworfene Welle, um an die Stelle des Pulshebels zu gelangen.

In Ausführung des Versuches wurden die Figg. 31—33 dargestellt, indem für die erste, Fig. 31, soviel Rohr angesetzt wurde, dass die Entfernung des Pulshebels, der immer an derselben Stelle blieb, von der Mündung 8·3 Meter betrug. Für die zweite, Fig. 32, wurde diese Rohrlänge auf 6·3 Meter, für die dritte, Fig. 33, auf 4·4 Meter verkürzt. Jedesmal wurde zuerst die Curve bei geschlossener Mündung genommen, dann die vollständige Curve bei ganz freiem Abflusse daneben gesetzt. Die Stosskraft betrug 3·5 Kilogr., die Menge $^3/_4$ eines Hubes.

Der Kürze halber will ich nun im Folgenden die Curve am verschlossenen Rohre als die geschlossene Curve, die bei freiem Abfluss wie seither als die vollständige Curve bezeichnen.

In den drei geschlossenen Curven sind die ersten und zweiten Spitzen ganz gleich gebildet, die zweite bricht jedesmal mit dem Klappenschlusse ab. In der Fig. 31 unterscheidet man ausserdem, ehe die zurückkehrende Welle eintrifft, noch eine dritte und vierte Erhebung oder Spitze, von welchen die letzte sehr klein ist. In der Fig. 32 ist nur die dritte Spitze in der früheren Lage noch zu erkennen, dann wird die Zeichnung durch die zurückkehrende Welle unterbrochen, so dass die vierte Spitze eine höhere Lage erhält. In Fig. 32 mit dem kürzesten Rohre, tritt

diese Unterbrechung schon nach der zweiten Spitze ein, und an der Stelle, wo die dritte Spitze sein sollte, finden wir eine starke Erhebung, welche neben der vierten auch noch die dritte Spitze trägt. Die Stellen, wo die von der zurückkehrenden Welle verursachten Erhebungen ansetzen, sind in den Curven mit *a* bezeichnet; diese Erhebungen werden bei den kürzeren Rohren höher, weil diese durch die gleiche Menge des Hubes stärker ausgedehnt werden.

Die absteigenden Linien *b*, am Ende der geschlossenen Curven sind die Abflusslinien mit den Abflusswellen, welche nach Aufhebung des Verschlusses der Mündung sich an die erhöhte Grundlinie ansetzen.

Betrachten wir nun die drei vollständigen Curven, so giebt jede in ihrem Anfange das genaue Bild der entsprechenden geschlossenen Curve. Wie bei dieser unterscheidet man in Fig. 31 noch vier Spitzen, in Fig. 32 drei, in Fig. 33 zwei Spitzen. Dann aber setzt sich an denselben Stellen, welche in den geschlossenen Curven durch das Auftreten der zurückkehrenden Wellen bezeichnet sind, die Abflusslinie an. Die Lage der Abflussthäler und Erhebungen entspricht der Lage dieser Bildungen an den geschlossenen Curven, nur sind sie an den vollständigen Curven schwächer entwickelt, weil hier die Abflusslinie nicht von der erhöhten Grundlinie beginnt, sondern in geringerer Höhe.

Berechnen wir nun, nach Maassgabe der Rohrlänge, die Strecken, welche die Nadel bis zur Ankunft der Abflusswelle zurücklegen musste, so betragen diese in Fig. 31 $14 \cdot 2^{\mathrm{mm}}$, in Fig. 32 $10 \cdot 8^{\mathrm{mm}}$, in Fig. 33 $7 \cdot 5^{\mathrm{mm}}$, und wenn man, vom Ursprunge der Curve an der Grundlinie anfangend, diese Entfernungen auf der Grundlinie abmisst, so trifft eine Senkrechte *s*, welche man auf die abgemessenen Punkte zieht, jedesmal mit grosser Annäherung die Stelle, an welcher die Abflusslinie sich an die Zeichnung der Wellenspitzen ansetzt.

Die folgenden Figg. 34—36 wurden mit $^3/_4$ Hub und 3 Kilogr. Gewicht dargestellt. Die Rohrlänge betrug bis zur Mündung für Fig. 34 8·5 Meter, für Fig. 35 6·5 Meter, für Fig. 36 4·8 Meter.

Nach dem vorhergehenden ist die Entzifferung dieser Curven nicht schwer, und ich füge zur Erläuterung nur noch hinzu, dass die sehr lang gezogenen Abflusslinien in Fig. 34 und 35 der Benutzung eines engeren, etwa 3^{mm} weiten Rohres an der Stelle der letzten 3 Meter der ganzen Länge ihre Bildung verdanken. Es wurde diese Aenderung getroffen, um den Abfluss zu verzögern und die Form der Abflusslinie dabei kennen zu lernen. Fig. 36 ist ohne dieses Rohr gemacht, sie zeigt daher einen rascheren Abfluss mit tiefer liegendem Abflussthale und stärkerer Abflusserhebung.

Die Entfernungen vom Ursprung der Curven, in welchen nach Maassgabe der Rohrlängen die Abflusslinien sich ansetzen sollten, betrugen

14·5 mm in Fig. 34, 11·0 mm in Fig. 35 und 8·2 mm in Fig. 36, und sie stimmen, wie die punktirten Linien zeigen, mit den Ansatzstellen der Abflusslinien sehr nahe überein.

Für die folgenden Figg. 37—39 wurden die Rohrlängen zwischen dem Pulshebel und der Abflussmündung kürzer genommen, um den Uebergang zur gewöhnlichen Pulsform zu gewinnen. Der Pulshebel wurde jetzt nicht mehr auf dem weiteren Rohre nahe der Pumpe, sondern 2·4 Meter von dieser entfernt, am oberen Ende des 4 mm weiten Rohres aufgesetzt. Die Rohrlänge zwischen Pulshebel und Mündung betrug für Fig. 37 6·3 Meter, für Fig. 38 4·4 Meter, für Fig. 39 2·4 Meter, und es wurde ein voller Hub mit 3 Kilogr. Gewicht genommen.

An den geschlossenen Curven sehen wir die zweite Spitze, welche mit dem Klappenschlusse abbricht, neben der ersten in einer gemeinsamen Erhebung hervorragend, und das auf den Klappenschluss folgende Wellenthal ist gut ausgeprägt. Darauf folgt die dritte Spitze, an welche sich endlich noch die schwache Andeutung einer vierten anschliesst. Die Erhebungen der zurückkehrenden Wellen sind in den kürzeren und engeren Rohren wegen deren stärkerer Spannung im Vergleiche zu den früheren Curven nur schwach entwickelt und unterbrechen die Zeichnung der vier Spitzen in keiner der drei Curven, aber wir erkennen die Wirkung des zurückkehrenden Andranges in Fig. 38 in der höheren Erhebung der vierten und dritten Spitze und in dem kürzesten Rohre Fig. 39 erstreckt sich die Erhöhung auch auf die zweite Spitze mit dem Klappenschlusse.

Vergleichen wir nun die vollständigen Curven. In Fig. 37 finden wir in der vollständigen Curve das Bild der geschlossenen wiederholt, bis unmittelbar nach Bildung der dritten Spitze, und die Abflusslinie setzt sich an den absteigenden Schenkel dieser Spitze dicht neben dem Gipfel an. Sie bildet eine unscheinbare Abflusswelle, ähnlich der Abflusswelle der geschlossenen Curve. Der Punkt des Anschlusses stimmt mit der aus der Rohrlänge berechneten Entfernung von 10·7 mm vom Ursprunge der Curve überein.

In Fig. 38 sind nur die beiden ersten Spitzen der vollständigen Curve mit den entsprechenden Spitzen der geschlossenen Curve gleich gebildet, das auf die zweite Spitze folgende Wellenthal sinkt in der vollständigen Curve tiefer herab, als in der geschlossenen, und zeigt uns dadurch an, dass der Abfluss vor der Bildung der dritten Spitze begonnen hat, was auch mit der aus der Rohrlänge berechneten Entfernung des Abflusses vom Ursprunge der Curve, 7·5 mm, zusammentrifft. Hiernach hatte sich die Abflusslinie am unteren Theile des absteigenden Schenkels der zweiten Spitze angesetzt, welcher in der geschlossenen Curve ebenfalls 7·5 mm vom Ursprunge entfernt ist. Das Wellenthal der zweiten Spitze wird tiefer als

an der geschlossenen Curve, weil es mit dem Thale der Abflusswelle zusammenfällt. Wir erkennen hier das Auftreten einer Interferenz der Abflusswelle mit der zusammengesetzten Bergwelle, welche in gleicher Bewegungsrichtung eintretend, das gemeinschaftliche Thal sowohl, als die darauffolgende Spitze in grösserer Bildung hervortreten lässt. Es wäre demnach die dritte Spitze der vollständigen Curve als die durch Interferenz mit einer wiederholten Wellenschwingung der zusammengesetzten Bergwelle verstärkte Abflusserhebung aufzufassen. An die erste Abflusswelle schliesst sich eine zweite viel schwächere an, und so fort, wie wir es schon früher beobachtet haben.

Die Fig. 39 bildet schon den Uebergang zur normalen Pulscurve. Sie zeigt von den Theilen der geschlossenen Curve nur noch die erste Spitze in der entsprechenden Lage, weil sich gleich nach Bildung dieser Spitze der Abfluss an die Curve anschliesst. Die aus der Rohrlänge für das Eintreten des Abflusses berechnete Entfernung, 4·1 mm von dem Ursprunge der Curve, trifft zwischen die erste Spitze und den Klappenschluss. Weil der Abfluss schon vor dem Klappenschlusse begonnen hat, liegt in der vollständigen Curve die Spitze des Klappenschlusses tiefer, als in der geschlossenen und unterbricht die Abflusslinie. Die Bildung der Abflusswelle erfolgt deshalb erst von dem Eintritte des Klappenschlusses, von einem tiefer liegenden Ausgangspunkte, als an der geschlossenen Curve; in dieser Höhe über der Grundlinie ist die Spannung des Rohres weniger stark, als in der Höhe, von welcher die Abflusslinie in der geschlossenen Curve ausgeht, und deshalb ist die Abflusserhebung in der vollständigen Curve kleiner, obgleich die Länge ihrer absteigenden Linie ebenso gross ist, als in der geschlossenen Curve.

Während die Curven sich zeichneten, konnte man bei der vollständigen sowohl, wie bei der geschlossenen das Zusammentreffen des Klappenschlusses mit der zweiten Spitze beobachten, und es ist in beiden Curven die Entfernung dieser Spitze von dem Ursprunge der Curve, 5·5 mm, die gleiche.

Die nun folgenden Figg. 40 und 41 bringen uns endlich durch einen weiteren Uebergang zur normalen Pulsform. Beide Curven wurden nahe dem oberen Ende eines 2 Meter langen und 4 mm weiten Rohres an der Stelle des Rohres II erhalten. Es wurde für jede das Gewicht von 2 Kilogr. genommen, für die erste, Fig. 40, aber die grössere Wassermenge von $^3/_4$ Hub, für die zweite, Fig. 41, die kleinere Menge von $^1/_2$ Hub.

In der g e s c h l o s s e n e n C u r v e, Fig. 40, erhebt sich die erste Spitze, vereinigt mit der Spitze des Klappenschlusses über die erhöhte Grundlinie empor, die Spitzen sind aber wegen der höheren Spannung des stark gefüllten kurzen Rohres nicht ausgebildet, sondern bilden die Ecken der abgestumpften gemeinsamen Erhebung. Die Spitze des Klappenschlusses, durch

die innere Ecke der abgestumpften Erhebung angedeutet, liegt 6.5 ^{mm} von dem Ursprunge der Curve entfernt.

In der vollständigen Curve, in welcher die Abflusslinie sich an die aufsteigende Linie anlegt, noch ehe diese ihre volle Höhe erreicht hat, bildet sich die erste Spitze deshalb in geringerer Höhe, als an der geschlossenen. Die Geschwindigkeit des Einströmens ist aber noch so stark, dass eine durch Interferenz mit der Abflusswelle vergrösserte zweite Wellenspitze mit dem Klappenschlusse gebildet wird. Dass diese Spitze dem Klappenschlusse angehört, wird durch ihre ebenfalls 6·5 ^{mm} betragende Entfernung von dem Ursprung der Curve bewiesen.

Es folgt hierauf, näher der Grundlinie, Thal und Erhebung einer reinen Abflusswelle, beides nur klein, weil die Bildung dieser Welle nicht von der Höhe der ersten Curvenspitze, sondern von der tiefer liegenden Spitze des Klappenschlusses ausgeht.

Wäre hier nicht in der geschlossenen Curve die Bildung der zweiten Spitze vorgezeichnet, so würde deren Erhebung auf der Abflusslinie als eine reine Abflusserhebung gelten müssen, sie unterscheidet sich aber von der gewöhnlichen Form durch die hohe Lage des ihr vorhergehenden Wellenthales über der Grundlinie und durch die im Verhältniss zu dieser hohen Lage sehr starke Entwickelung der Erhebung, und endlich durch das Auftreten einer deutlich entwickelten zweiten Abflusswelle etwas weiter unten.

In Fig. 41 fällt bei der kleineren Hubmenge der Klappenschluss in der geschlossenen Curve mit der ersten Spitze zusammen und in der vollständigen Curve, welche die Form einer normalen Pulscurve besitzt, legt sich die Abflusslinie an die aufsteigende Linie der ersten Spitze, ehe diese ihre ganze Höhe erreicht hat und fällt dann herab, bis sie in der Nähe der Grundlinie in gewöhnlicher Weise das Abflussthal und die Abflusserhebung bildet. Eine Unterbrechung des Abflusses durch die kurze Fortdauer des Einströmens in der vollständigen Curve tritt nicht ein.

Ein Ueberblick über unsere Figg. 31—39 zeigt uns, dass an den längeren Rohren die ersten Spitzen der vollständigen Curven bei offener Mündung mit nur unwesentlichen Unterschieden die gleiche Höhe haben, wie die Spitzen der Curven bei geschlossener Mündung, was mit den Beobachtungen über die Wellenhöhe mit dem Manometer übereinstimmt. Erst dann, wenn wie in Figg. 40 und 41 das Rohr so kurz wird, dass die am Orte des Pulshebels ankommende Abflusswelle die Entwickelung der ersten Curvenspitze unterbrechen kann, sehen wir, dass die Spitzen der vollständigen Curven eine erheblich geringere Höhe haben, als die Spitzen am geschlossenen Rohre. Die letzteren werden hier durch den von der geschlossenen Mündung zurückkehrenden Andrang noch etwas, wenn auch unbedeutend, erhöht.

Die Beobachtungen dieses Abschnittes dienen zur Bestätigung der über die Ursache der raschen Abnahme der Höhe der Curven mit einer bestimmten Annäherung an die Mündung im vorigen Abschnitte aufgestellten Schlussfolgerungen.

Ich will nun im Folgenden die Hauptpunkte unserer Beobachtungen und Schlüsse über die Bildung der Form der Pulscurve, ihre Verbindung mit dem Klappenschlusse und mit der Abflusswelle kurz zusammenfassen.

Entwickelung der Form der Pulscurve.

Es ist schon hervorgehoben worden, dass die Bergwelle nicht eine allgemeine fliessende Fortbewegung des Rohrinhaltes veranlasst. Es wird vielmehr mit der fortschreitenden Ausdehnung und der ihr nachfolgenden Zusammenziehung, welche durch die in den vorderen Abschnitt am Eingange des Rohres eingetriebene Flüssigkeitsmenge eingeleitet wird, eine, dieser zuerst fast gleiche, mit der Verminderung der Wellenhöhe aber etwas abnehmende Menge von Ort zu Ort ein kleines Stück vorwärts geschoben, welche immer eine etwas grössere Anfüllung in der hinter ihr liegenden Strecke zurücklässt, als vorher darin vorhanden war. Wenn nun die Bewegung bis zur offenen Mündung gelangt ist, so tritt ein Theil der zuletzt vorgeschobenen Menge dort aus, mit ihrem Wegfall entsteht eine Zusammenziehung der Mündung, die als Thalwelle wieder bis zum Eingange des Rohres zurückläuft, und die auf ihrem Wege die vollständige Entleerung des noch zurückgebliebenen Ueberschusses bewirkt und so die Ausgleichung auf den vorigen Stand herbeiführt. An den Stellen, welche sie nacheinander berührt, schneidet ihre Ankunft die weitere Entwickelung der Bergwelle an dem Punkte ab, welchen diese bis dahin erreicht hat, und setzt sich in der Zeichnung als Thalwelle an die Curve an.

Für eine bestimmte Stelle des Rohres lässt sich, wie wir gesehen haben, die Entfernung von dem Ursprunge der Curve, in welcher sich die Thalwelle ansetzen wird, mit Hülfe der bekannten Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle finden. In einer gewissen Entfernung von der Mündung wird sie sich an den absteigenden Schenkel der Spitze ansetzen, in etwas geringerer Entfernung an die Spitze selbst und bei noch grösserer Annäherung an die Mündung wird die Abflusslinie den aufsteigenden Schenkel der Curve noch vor Erreichung seiner grössten Höhe treffen und abkürzen und wir erhalten eine kleinere Curve.

Wenn nun der Klappenschluss gleichzeitig mit Bildung der Spitze erfolgt, oder wenn keine merkliche Unterbrechung der Abflusslinie sein späteres Eintreten begleitet, so erhält man die normale Form der Pulscurve.

Die Höhe und Form der Curvenspitze fanden wir unter sonst gleichen Umständen abhängig von der Geschwindigkeit des Eintrittes der Hubmenge.

Für die Bildung einer regelmässigen Curve ist es gleichgültig, ob der Inhalt des Rohres im Fliessen ist, oder nicht, denn die Welle pflanzt sich viel schneller fort, als der Strom. Wenn der Inhalt des Stromes im Fliessen ist, wird bei dem Austritte der Welle der Strom an der Mündung beschleunigt und sein Durchmesser wird etwas stärker. Die Curven Fig. 42 sind am fliessenden Strom gemacht, indem die Wellen unter Führung der Pumpe mit der Hand, durch Vermittelung einer seitlichen Abzweigung am Eingange des Rohres erregt wurden.

In den gewöhnlichen Formen der Curve ist die Bergwelle niemals vollständig ausgebildet, weil bei der Kürze der für ihre Bildung in Betracht kommenden Rohrlängen das Gleichgewicht im Rohre durch den Abfluss sehr rasch hergestellt wird, und man bemerkt aus diesem Grunde in der Regel auch keine Wiederholung der Wellenschwingung.

Klappenschluss. Ueberdauert das Einströmen die Bildung der Spitze, so wird, bei hinreichender Geschwindigkeit, die darauffolgende Zusammenziehung nebst dem Klappenschlusse an der Abflusslinie angezeigt.

Wenn der Klappenschluss nahe der Spitze fallen würde, drückt sich bei langsamem Einströmen unter verzögertem Abflusse, oder bei geringer Stosskraft, die Fortdauer des Einströmens nach Erreichung der Spitzenhöhe oft nur dadurch aus, dass diese gewölbt erscheint, anstatt scharf. Würde er unter gleichen Umständen weiter unterhalb der Spitze auftreten, so erscheint dann der herabsteigende Schenkel der Spitze bisweilen ausgebaucht, oder es wird auch der ganze Kegel der Spitze breiter, ohne eine andere kenntliche Andeutnng zu tragen. Wenn aber ein im Verhältniss zur Spannung des Rohres etwas stärkeres Einströmen nach Bildung der Spitze noch andauert, dann entstehen die Formen, welche den Klappenschluss durch eine Wölbung, die sich unter Umständen auch noch etwas über die erste Spitze erheben kann, oder häufiger durch einen ausspringenden Winkel an der Abflusslinie anzeigen, es sind die Formen, von welchen wir einige an Figg. 17—21 kennen gelernt haben, und auch die anakroten Formen von Landois reihen sich diesen an. Ich habe diese Formen im Gegensatz zur einfachen Spitze schon als zusammengesetzte Wellen bezeichnet. Bisweilen bildet sich mit dem Klappenschlusse eine zweite Spitze, Fig. 20, für welche wir später auch Beispiele an der Pulscurve kennen lernen werden.

E. H. Weber bemerkt in seiner Widerlegung Volkmann's,[1] in einer

[1] *Dies Archiv*. 1853. S. 70.

Anmerkung, dass im Augenblicke der Aufblähung der Aortaklappe eine schwache negative Welle entstehen müsse, weil dabei ein Zurückweichen einer kleinen Menge Blutes in das Herz stattfinde, dass diese aber nicht die ausreichende Ursache sein könne, welche die Arterien während der Erschlaffung des Herzventrikels erleiden, d. h. nicht die Ursache, welche ihre Zusammenziehung nach Bildung der Spitze veranlasst.

Diese negative Welle ist so klein, dass sie sich in der Regel nicht selbständig ausprägt. Wenn der Klappenschluss mit der Bildung einer zweiten Spitze verbunden ist, fällt sie mit dem dieser vorhergehenden Wellenthale zusammen und verstärkt die zweite Spitze. Wenn der Klappenschluss an der steileren Abflusslinie in einem Winkel hervorragt, bemerkt man bisweilen unmittelbar vor diesem eine schwache Einkerbung, welche jener Welle angehören dürfte. An der Pulscurve tritt sie bei Insufficienz der Aortaklappen bisweilen selbständig auf, indem sie hier die Bildung eines deutlichen kurzen Wellenthales nach der ersten Spitze und einer auf dieses folgenden zweiten kleineren Spitze bedingt.

Die Entfernung vom Ursprunge der Curve, in welcher der Klappenschluss an der Abflusslinie auftritt, hängt immer von der Dauer des Einströmens ab. Bei gleicher Dauer des Stosses wird er also die Abflusslinie immer in der gleichen Entfernung von dem Ursprunge der Curve treffen. Ob das Zusammentreffen näher der Spitze, oder näher der Grundlinie erfolgt, dies wird von der Geschwindigkeit des Zuflusses sowohl, wie des Abflusses abhängen, und so kommt es, dass der Klappenschluss an jeder Stelle der Abflusslinie auftreten kann. In Fig. 29 *a*, welche nahe dem Eingange eines 2 Meter langen Rohres genommen ist, wird das nach Bildung der Spitze noch fortdauernde Einströmen durch eine grössere Breite des Kegels der Spitze an seiner Basis angedeutet. Der Abstand des Klappenschlusses vom Ursprunge der Curve ist hier nicht festzustellen, er tritt aber hervor, wenn wir unter gleichen Umständen die Curve nur 50 ^{cm} von der Mündung nehmen, wo die höhere Entwickelung der Spitze abgeschnitten wird. Hier bildet der Klappenschluss 4 ^{mm} vom Ursprunge der Curve entfernt, eine spitzenartige Hervorragung an der Abflusslinie, Fig. 29 *b*.

Wenn das Einströmen noch etwas länger dauert und wenn der Abflusss rascher erfolgt als hier, kann der Klappenschluss auch im Thal oder auf der Erhebung der Abflusswelle angedeutet sein, oder er kann sogar nach Ablauf der ersten Abflusswelle noch auftreten.

Abflusserhebung. Als Abflusserhebung haben wir die Spitze oder den Wellenberg der Abflusswelle bezeichnet. Die Bildung der Abflusswelle beginnt entweder von der Spitze der Curve zugleich mit der Abflusslinie, oder wenn diese von dem Klappenschlusse merklich unterbrochen wird, beginnt sie von dem Klappenschlusse.

Wir haben an Fig. 26 gesehen, dass bei schwächerer Entleerung des Rohres die absteigende Linie des Abflussthales eine kürzere, und dass die Erhebung ebenfalls kleiner war, als bei stärkerer Entleerung. Die Figg. 31 — 39 geben uns nun einen bestimmteren Aufschluss über diese Verhältnisse. Wenn man in den Reihen Figg. 31—33 und 37—39, an den Zeichnungen der geschlossenen Curven jedesmal die wagerechten Abstände zwischen den Gipfeln der Abflusserhebungen und den Ansatzpunkten der Abflusslinien an die erhöhten Grundlinien misst, indem man von beiden Punkten Senkrechte auf die Grundlinie zieht, so findet man, dass in den Figuren jeder Reihe die Gipfel der Abflusserhebungen etwa gleich weit von den Ansatzpunkten der Abflusslinien entfernt sind, und es ergiebt sich hieraus, dass die Entwickelung der Abflusswelle bis zum Gipfel der Abflusserhebung in den drei Curven einer Reihe die gleiche Zeit brauchte. Man bemerkt ferner in den Figuren jeder Reihe, dass mit der deutlicheren und grösseren Entwicklung der Abflusswellen ihre absteigenden Linien steiler abfallen und dass die Abflussthäler der Grundlinie näher rücken, was ein stärkeres Zusammenfallen des Rohres und demnach die Entleerung einer grösseren Menge von Flüssigkeit anzeigt.

Verbinden wir diese beiden Wahrnehmungen, so ergiebt sich, dass bei gleicher mittlerer Spannung des Rohres die Abflusswelle immer dann stärker entwickelt sein wird, wenn in der gleichen Zeit mehr Flüssigkeit entleert wird, und ihr mehr oder weniger deutliches Auftreten ist also abhängig von der Geschwindigkeit der Entleerung.

Wir sehen auch an diesen Figuren wieder, dass bei langsamer Entleerung die Abflusswelle höher über der Grundlinie liegt, welcher sie sich bei rascher Entleerung nähert. Deutlich tritt dies auch an der Fig. 28 im Vergleiche mit Fig. 27 hervor. Die Curven der Fig. 28 wurden an den gleichen Stellen des Rohres erhalten, wie die Curven der Fig. 27, mit einer geringeren Hubmenge, $^1/_2$ Hub, und der geringeren Stosskraft von $2^1/_2$ Kilogr. Für ihre Darstellung war die Mündung des Rohres etwas verengt, während sie bei Fig. 26 frei war, und der Abfluss geschah also langsamer. Die Folge war eine höhere Lage des Abflussthales über der Grundlinie mit einer geringeren Entwickelung der Abflusserhebung. Bei dem langsameren Abflusse ist hier auch das Verhältniss der Grössenunterschiede der drei Spitzen ein kleineres. Der Klappenschluss macht sich nicht bemerklich, weil das Einströmen sehr langsam geschah, man erkennt aber die Wirkung des andauernden Einströmens, an der verhältnissmässig breiten Spitze.

Auch die Grösse der eintreibenden Kraft, hat einen Einfluss auf die Abflusserhebung, weil die Geschwindigkeit des Einströmens, und daher die Höhe der Curve von ihr abhängt. Eine höhere Curve setzt einen grösseren

Umfang des Wellenberges im Querschnitte des Rohres voraus, und deshalb verlässt auch eine grössere Menge von Flüssigkeit in der Zeiteinheit das Rohr, wenn die Welle an der Mündung anlangt. Bei dem grösseren Querschnitt ist die Spannung der Wandung stärker, was ebenfalls dazu beiträgt, eine kräftigere Entwickelung der Abflusswelle zu bewirken.

Den Einfluss der stärkeren Spannung für sich konnten wir an dem Unterschiede der Abflusserhebungen der Curven Fig. 39 und an der verhältnissmässig grossen und breiten Abflusserhebung der Fig. 11 erkennen.

Wir werden später die häufiger auftretenden Pulsformen mit künstlich unter verschiedenen Bedingungen am Rohre dargestellten vergleichen, wobei deren oft überraschende Uebereinstimmung die Anwendbarkeit unserer Erfahrungen auf die Entstehung der Pulscurve ausser Zweifel stellen wird.

Die Rückstosserhebung nach Landois.

Die Folgerungen, welche wir aus unseren Beobachtungen über die Grösse und das Auftreten der Abflusserhebung gezogen haben, stimmen mit den von früheren Forschern, und besonders auch von Landois gemachten Wahrnehmungen der Hauptsache nach überein. Landois leitet ihren Ursprung aber in anderer Weise ab, er nennt sie Rückstosserhebung und betrachtet die von uns für den Wellenberg einer Abflusswelle erkannte Bildung als den Wellenberg einer positiven Welle, die von den Aortaklappen und ihrer Umgebung ausgehen soll. Sie soll durch einen Rückstoss des Arterieninhaltes gegen die Aortaklappen veranlasst werden, der bei dem Abfluss der Pulswelle entsteht. Damit stehen nun nicht nur die hier mitgetheilten Beobachtungen, sondern auch die Grundlagen der Wellentheorie selbst im Widerspruch. Wenn ich Landois richtig verstanden habe, so nimmt er an, dass nach dem Eintritte der wellenerregenden Flüssigkeit in das Rohr eine allgemeine Contraction des gespannten Rohres erfolge; er sagt S. 110: „Wenn die Flüssigkeit das elastische Rohr „in den höchsten Grad der Ausdehnung versetzt hat, und es wird nun plötz- „lich das Einströmen derselben unterbrochen, so streben die elastischen „Wandungen sich wieder zusammenzuziehen, und das Lumen des Rohres „wieder zu verengern. Diese, der ausdehnenden Kraft der Flüssigkeit ent- „gegengesetzte Bewegung beginnt am offenen Ende der Röhre, weil hier das „sofort abfliessende Wasser am allerwenigsten Widerstand bereitet. Die „Contraction der elastischen Röhrenwandung bringt das Wasser zum Aus- „weichen, an der Peripherie kann es ungehindert ausfliessen, gegen die cen-

„trale Verschlussstelle geworfen, prallt es hier ab.“ Dieses Abprallen soll dann eine zweite positive Welle erregen, welche sich an die erste anschliesst und deren Spitze unsere Abflusserhebung sein soll.

Man muss hier zwei Zustände des Rohrinhaltes unterscheiden, den Zustand des gleichmässigen Fliessens und den Zustand der Wellenbildung, die zwar vereinigt auftreten, die aber, vereinigt oder getrennt, niemals eine gleichmässige Erhöhung der Ausdehnung oder Spannung über das ganze Rohr erzeugen, so wie es Landois vorauszusetzen scheint.

Bei dem Fliessen wird die Form des elastischen Rohres eine konische, wie man leicht mit dem Pulshebel nachweisen kann. Seine Ausdehnung steht dabei im Verhältniss zum Seitendruck des fliessenden Wassers auf die Wandungen des Rohres, der um so grösser ist, je weiter man sich von der Mündung entfernt, der aber an der Mündung selbst gleich Null wird. Wird nun das Einströmen plötzlich unterbrochen, so überzeugt man sich mit Hülfe des Manometers, dass die Zusammenziehung des Rohres nicht an der Mündung beginnt, sondern am Eingange, wo die Spannung am grössten ist, und wo die in Bewegung befindliche Wassersäule des Rohrinhaltes nicht sofort zur Ruhe kommt. Wenn der Eingang plötzlich verschlossen wird, so strebt sie vielmehr vermöge der Geschwindigkeit, welche jeder Flüssigkeitstheil besitzt, sich in der Richtung ihrer Bewegung von dem geschlossenen Eingange des Rohres zu entfernen, wobei sich am Eingange eine Thalwelle bildet.

Die Welle bewirkt bekanntlich keine allgemeine Ausdehnung des Rohres, sondern es wird nur der Abschnitt stärker ausgedehnt, welchen der Wellenberg gerade einnimmt, und zwar ist die höchste Ausdehnung nur auf den fortschreitenden Punkt beschränkt, in welchem der Wellenberg seine grösste Höhe besitzt.

Wenn er sich der Mündung nähert, wird auch dort das Rohr etwas ausgedehnt, zieht sich aber nach dem Austritte einer kleinen Menge von Flüssigkeit sogleich wieder zusammen und erregt so die negative Welle, welche, wie wir gesehen wieder zum Eingang des Rohres zurückläuft.

Bei der grossen Leichtigkeit, mit welcher der Uebergang des Blutes aus den Arterien in die Venen stattfindet, ist es nicht schwer, auch im Arteriensystem die Bildung einer Abflusswelle sich vorzustellen, deren Vorhandensein durch die Thatsachen bewiesen wird. Denn es könnte mit Ablauf der Pulswelle der vorige Gleichgewichtszustand im Arterienrohre sich nicht wieder herstellen, wie es ja bekanntlich der Fall ist, wenn nicht die mit dem Herzstosse eingetriebene Blutmenge mit Ablauf des Pulses die Arterie wieder verlassen hätte, und dieser Vorgang kann nicht stattfinden, ohne mit dem beginnenden Abflusse der Welle eine Ausdehnung mit nachfolgender Zusammenziehung des der Mündung zunächst gelegenen Abschnittes

zu bewirken. Der Widerstand, welchen der Austritt des Blutes aus den Arterien in die Capillaren findet, würde die Bildung einer Abflusswelle nicht hindern, sie entsteht, selbst wenn dem Austritte der Bergwelle ein beträchtlicher Widerstand entgegengesetzt wird, wenn man z. B. das Rohr auf dem Boden eines hohen mit Wasser gefüllten Glases ausmünden lässt.

In den grösseren Stämmen werden sich die aus den kleineren Aesten ungleichmässig eintreffenden Abflusswellen zum Theile gegenseitig aufheben, zum anderen Theile aber verstärken, und vereinigt nach dem Herzen fortschreitend, auch die Entleerung der grösseren Stämme begleiten.

Landois beschreibt zur Begründung seiner Ansicht die Bewegung von Fäden, welche er in eingeschalteten Glasröhrchen bei dem Vorüberziehen der Welle beobachtet hat, S. 111, ein Versuch, welchen ich in etwas anderer Weise wiederholt habe. Die Beobachtung der örtlichen Verschiebung des Rohrinhaltes durch die vorüberziehende Welle gelang mir am besten, wenn ich feinen Kohlenstaub in dem Wasser vertheilte, welches das Rohr erfüllt.

Ich brachte zuerst das elastische Rohr auf die Länge von 10 Meter, indem ich Abschnitte von etwa 2 Meter Länge durch kurze, 6 ^{cm} lange Glasröhrchen, welche die gleiche Weite hatten, aneinander fügte. Den Anfang dieses zusammengesetzten Rohres bildete das schon erwähnte 7 ^{mm} weite Rohr I, mit einem kurzen Uebergangsstücke zur Verbindung mit den folgenden Rohren, welche 4 ^{mm} Weite hatten. Ich setzte nun das freie Ende des weiteren Rohres I durch ein heberförmiges Glasrohr mit einem Glase Wasser in Verbindung, welches fein vertheilten Kohlenstaub enthielt und 14 ^{cm} über der offenen Ausflussmündung erhöht stand. Das weite Rohr war an seinem Eingange durch eine Klemme verschlossen, die sich mit dem Fingerdrucke öffnen liess. Das erste der verbindenden Glasröhrchen befand sich am Anfange des 4 ^{mm} weiten Rohres, um die 2·4 Meter betragende Länge des weiteren Rohres von der Klemme entfernt, und dieses Glasröhrchen wurde zunächst beobachtet. Durch rasches Oeffnen der Klemme, die sich sofort wieder schloss, wurde eine schwache Welle erzeugt, welche der Weber'schen Wellentheorie entsprechend, die in der Flüssigkeit vertheilten Stäubchen zuerst eine kleine Strecke vorwärts schob. Sie bewegten sich darauf wieder um einen sehr kleinen Theil des gemachten Weges nach rückwärts, bis diese Bewegung durch den unterdessen bis an das Röhrchen gelangten Anstoss zum Abflusse unterbrochen wurde, der ein rasches Verschwinden der Stäubchen aus dem Gesichtsfelde bewirkte. Bisweilen konnte man vor dem Abflusse auch ein zweimaliges Hin- und Herschwanken erkennen.

Man konnte die Fortpflanzung der Bergwelle vom Eingang des Rohres nach der Mündung und die Fortpflanzung der Thalwelle in umgekehrter Richtung verfolgen, wenn man die gläsernen Verbindungsstücke durch ge-

eignete Lagerung des Rohres auf einem weissen Papiere hintereinander aufreihte. In dem ersten der Röhrchen wird die Bewegung der Bergwelle zuerst sichtbar, dann der Reihe nach in jedem der folgenden, und der Beginn des Abflusses zeigte sich, in umgekehrter Richtung, zuerst in dem zunächst der Mündung gelegenen Röhrchen. Die Abflusswelle verfolgt man übrigens leichter in einem besonderen Versuche, indem man vorher bei verschlossener Mündung das Rohr durch Oeffnen der Klemme in einen schwachen Grad von Spannung versetzt, worauf man die Klemme wieder schliesst. Wenn nun alle Stäubchen in Ruhe sind, wird die Mündung geöffnet. Man erkennt dann auf das Deutlichste, dass auch bei gespanntem Rohre der Anstoss zum Abflusse nicht überall gleichzeitig erfolgt, sondern dass die Bewegung von der Mündung nach dem Ursprunge fortschreitet, und besonders beobachtet man die Abwesenheit eines Anstosses, der vom Ursprunge des Rohres ausginge. Eine allgemeine Contraction würde im Augenblicke des Oeffnens überall eine nach der Mündung gerichtete Bewegung hervorrufen, und ein Rückstoss, von der Mündung ausgehend, würde eine Bewegung der Stäubchen nach rückwärts veranlassen, aber keines von beiden wird beobachtet. Die Stäubchen bleiben überall in Ruhe, bis der Anstoss zum Abflusse von der Mündung her bei ihnen anlangt (vergl. S. 211).

Der Vorgang lässt sich auch mit Hülfe von Manometern verfolgen, welche das Entstehen einer Thalwelle bei dem Abflussse unzweideutig anzeigen. Schaltet man neben dem Eingange des Rohres ein erstes, und in der Nähe der Mündung ein zweites Manometer ein, und wiederholt man dann den vorigen Versuch, so würde bei dem Oeffnen der Mündung ein Rückwärtsprallen der Flüssigkeit zunächst das zweite, dann das erste Manometer in steigende Bewegung setzen, und eine durch den vorausgesetzten Anprall am verschlossenen Eingange bewirkte Rückstosswelle würde das erste Manometer früher erregen, als das zweite. Es beginnt allerdings, wenn man die Mündung öffnet, mit dem Austritte der Flüssigkeit zuerst das Manometer nächst der Mündung seine Bewegung, aber nicht mit einem Steigen, sondern mit einem Fallen des Quecksilbers im offenen Schenkel, was eine negative oder Thalwelle anzeigt, und etwas später folgt hierauf die Bewegung des ersten Manometers in derselben Richtung.

Ich zweifle nicht, dass Landois seine Ansicht in anderer Weise gebildet haben würde, wenn er für seine ersten Versuche eine Pumpe benützt hätte, deren Klappe ebenso wirkt, wie die Aortaklappe. Er erregte seine Wellen, indem er Wasser aus einer bestimmten Höhe in das $6 \cdot 6^{\mathrm{mm}}$ weite elastische Rohr einströmen liess. An der Stelle, wo das Wasser einströmen sollte, war das Rohr durch eine Messingleiste zusammengeklemmt, welche geöffnet und nach Eintritt der nöthigen Flüssigkeitsmenge wieder geschlossen wurde.

In der Beschreibung seines grundlegenden Versuches sagt Landois S. 106, dass er, nach Aufhebung der Leiste, der einströmenden Flüssigkeit freien Zutritt gewährt habe, bis gleichmässiges Fliessen eintrat. Dabei erhielt er die Zeichnung einer Bergwelle, Fig. 17 S, und das Rohr erweiterte sich, wie die erhöhte Grundlinie auf dieser Abbildung zeigt. Auf der Zeichnung bemerkt man an S keine Abflusswelle, welche bei dem Uebergange zum Fliessen nicht auftritt.

Als ich den Versuch nachmachte, erkannte ich bei aufmerksamer Beobachtung, dass allerdings, bei dem Austreten der ersten der dem Beginne des Fliessens vorhergehenden Bergwellen, an der Mündung eine Zusammenziehung entstehen müsse, deren Fortpflanzung nach rückwärts aber durch die Interferenz mit den bis zum Eintreten des Fliessens noch nachfolgenden Bergwellen verhindert wurde (vergl. S. 203 und 214). Die Ankunft einer ersten Welle an der Mündung erkannte ich mit dem 4^{mm} weiten Rohre daran, dass dem zusammenhängenden Strahle eine kleine abgesonderte tropfenförmige Wassermenge als Vorläufer unmittelbar vorausging, welche aus der Mündung gleichsam herausgeschleudert wurde.

Wenn Landois nach dem Eintritte des Fliessens die Leiste wieder schloss, so erhielt er eine Thalwelle D, die unter diesen Umständen, vom verschlossenen Eingange des Rohres ausgeht und deren Entstehung schon oben S. 227 beschrieben wurde. Landois nennt die unvollständige Bergwelle S eine systolische, die Thalwelle D eine diastolische Schwingung.

Wenn er anders verfuhr und nach raschem Oeffnen die Leiste vor dem Beginne des Fliessens wieder schloss, dann erhielt er die Zeichnung einer Bergwelle, die mit einer Thalwelle verbunden ist.[1] Der Figur nach zu urtheilen wurde der Versuch in dieser Weise ausgeführt, und es konnte sich die Thalwelle an den herabsteigenden Schenkel der Bergwelle anschliessen. Diese Thalwelle ist aber nicht die diastolische Schwingung von Landois, welche sich nur nach dem Eintritte des Fliessens hätte bilden können, sondern es ist die Abflusswelle, ebenfalls eine Thalwelle, welche als solche gerade so aussieht, wie die diastolische Schwingung. Dies wird dadurch bewiesen, dass in den ersten 6 Curven der Fig. 18 eine erhöhte Grundlinie nicht auftritt, und die Abflusslinie musste sich also jedesmal gleich an die Spitze angeschlossen haben.

Landois legt grossen Werth auf die von ihm beobachtete Erscheinung, dass seine Rückstosswellen um so später auftreten, je grösser die Rohrlänge zwischen Eintrittsstelle und Mündung ist. Ich beobachtete an dem 4^{mm}

---

[1] Landois, Fig. 18. S. 107.

weiten Rohre unter Anwendung der Fallhöhe von $1^1/_4$ Meter eine ähnliche Erscheinung, die aber einen anderen Ursprung hatte.

Unter dem gleichmässigen Fliessen dehnt sich das Rohr aus und nimmt, wie schon bemerkt wurde, eine konische Form an, indem es sich von unten nach oben zunehmend erweitert. Das Rohr enthält demnach während des Fliessens mehr Flüssigkeit, als im ruhenden Gleichgewichtszustande seines Inhaltes. Aus diesem Grunde dauert nach Schluss der Leiste der Abfluss aus der Mündung noch eine Weile fort, und zwar, wie das Manometer anzeigt, unter Wiederholung von Thalwellen, die an Grösse abnehmen. Der Strahl fliesst zuerst noch rasch, dann langsamer, und man kann nun an dem stossweisen Ausflusse das Auftreten der einzelnen Wellen unterscheiden, wie es Landois S. 112 angiebt. An den Fäden oder Stäubchen im eingeschalteten Glasröhrchen erkennt man nur bei der ersten und stärksten Welle den auf das Thal folgenden Wellenberg deutlich an einer Stockung oder kurzen Rückwärtsbewegung im Strome, die sich an dem Manometer bei jeder Welle ausdrückt. Im Röhrchen lassen die auf die erste folgenden Wellen, welche schwächer sind, erst dann wieder ein deutliches absatzweises Fortbewegen, zuletzt ein Hin- und Herschwanken der Stäubchen erkennen, wenn die Stromgeschwindigkeit nachgelassen hat, und dieser Augenblick tritt etwas eher ein wenn das Rohr kürzer ist, weil die kleinere Menge, welche nach Schluss der Klemme aus einem kurzen Rohre noch abfliesst, etwas weniger Zeit dazu braucht, als die grössere aus einem längeren.

Nur dann, wenn ich bei der gleichen Fallhöhe das 4 ^{mm} weite Rohr, 14 Meter lang machte und seinen Eingang noch durch ein 3 ^{mm} weites kurzes Stück verengte, wurde die Stromgeschwindigkeit klein genug, dass ich nicht bis gegen das Ende des Ausfliessens warten musste, sondern alle aufeinander folgenden Thalwellen auch an den Stäubchen von Anfang an erkennen konnte. Die Bewegungen der Stäubchen oder der Fäden können ebensowohl durch Bergwellen als durch Thalwellen veranlasst werden, und so lange man das Manometer nicht zu Hülfe nimmt, wird es oft ungewiss bleiben, durch welche Art von Wellen eine solche Bewegung entstanden ist.

Während ich mit der vorliegenden Arbeit beschäftigt war, wurde die Arbeit von Moens, die Pulscurve, Leiden 1878, veröffentlicht, welche ich aus einem Referate von Gad im *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften* kennen lernte. Moens hält die dikrotische Erhebung an der Pulscurve für die Erhebung einer negativen Welle, die aber nicht von der Peripherie, sondern vom Ursprunge des arteriellen Systemes ausgehen soll, und die also auf gleiche Weise entstehen müsste, wie die diastolische Schwingung von Landois. Gad macht darauf aufmerksam, dass die Bedingungen hierfür nicht gegeben seien, worauf wir später zurückkommen werden.

Das kürzlich erschienene Werk von Grashey: *Ueber die Wellenbewegung in elastischen Röhren* u. s. w., Leipzig 1881, enthält eine Anzahl werthvoller Beobachtungen, welche mit den hier mitgetheilten häufig übereinstimmen. In der Deutung weicht Grashey ab, meist nur in Folge seiner, von der meinigen verschiedenen Definition der Welle, auf welche ich bei Betrachtung des Antheiles, den die Belastung des Pulshebels an der Wellenzeichnung hat, zurückkommen werde.

Ueber den Einfluss der tetanisirenden Irritamente auf Form und Grösse der Tetanuscurve.

Von

Christian Bohr.

Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.

(Hierzu Taf. V u. VI.)

Ursprünglich war es der Zweck dieser Untersuchungen, zu ermitteln, wie die grösste Höhe, welche der Tetanus erreichte, von Veränderungen der Frequenz und der Stärke der einzelnen Irritation beeinflusst werde.

Es gelang mir indessen zu zeigen, dass es eine allgemeine, von der Frequenz und Stärke der einzelnen Irritation unabhängige Form der tetanischen Curve giebt, wenn man wie gewöhnlich darunter die continuirliche Curve versteht, welche ein mit gleich grossen, in gleichem Intervalle aufeinanderfolgenden Irritationen gereizter Muskel auf einer gleichmässig rotirenden Trommel zeichnet. Bei einer solchen Curve sind dann die Ordinaten der Verkürzung des Muskels, die Abscissen der Zeit oder der Anzahl der gleichmässig sich folgenden Irritationen proportional.

Da die Curve beim genaueren Studium sich als eine solche zeigte, welche sich asymptotisch einem Grenzwerthe nähert, so ergab sich, wie weiterhin eingehender auseinander gesetzt werden soll, dass die grösste Höhe des Tetanus kein brauchbares Maass für die Abhängigkeit von den Variationen des Irritaments werden konnte. Die grösste Höhe des Tetanus ist nämlich von zweierlei Momenten beeinflusst; erstens nähert die tetanische Curve sich mit einer gewissen Schnelligkeit einer Grenze; zweitens wird dieser Verlauf von der Ermüdung des Muskels gestört, und die Zeit, zu welcher die Er-

müdung eintritt, ist somit mitbestimmend für die Höhe, welche der Tetanus überhaupt erreicht. Die Ermüdung ist aber ein die Versuche sehr complicirender Process, dessen Einfluss nicht wohl in die Rechnung aufgenommen werden kann. Es wurde dann womöglich erstrebt, die Constanten der Tetanuscurve in jedem einzelnen Falle zu bestimmen, und die Abhängigkeit dieser Constanten von den Veränderungen des Irritaments festzustellen. Wie später gezeigt werden soll, gelang auch dies in gewissem Maasse.

Ich mache gleich darauf aufmerksam, dass sämmtliche in dieser Abhandlung aufgestellte Gesetze rein empirische sind, also nur Zusammenstellungen experimentell gefundener Thatsachen, welche sich zum grössten Theile im ersten Anhange ausführlich referirt finden, und dass sie somit von jeder theoretischen Anschauung über Art und Weise der Muskelarbeit völlig unabhängig sind; um diesen Standpunkt auch in der Form der Abhandlung zu praecisiren, habe ich alle mehr oder weniger unsicheren theoretischen Folgerungen, welche vielleicht aus den empirischen Regeln zu ziehen wären, fern gehalten.

Bevor ich zur genaueren Beschreibung der Versuche übergehe, schicke ich eine ganz kurze Uebersicht der Resultate voraus, wobei ich jedesmal eine Hinweisung zu dem Abschnitte des Aufsatzes eingefügt habe, in welchem sich die nähere Präcisirung und Entwickelung des ausgesprochenen Satzes befindet.

1. Wo nach dem Tetanus keine dauernde Verkürzung (Tiegel'sche Contractur) sich findet, ist die Form der tetanischen Curve unabhängig von Frequenz und Stärke des Irritaments, immer (mit den im II. Abschnitte genannten Einschränkungen) dieselbe, und zwar die einer zu den Asymptoten als Axen hingeführten Hyperbel (s. II. Abschnitt).

2. Die grösste Höhe, welche der Tetanus erreichen kann, ist, alles sonst gleich, von der Frequenz der Irritationen unabhängig; eine Vermehrung der Anzahl der Reizungen in der Zeiteinheit bewirkt dagegen, dass die Curve schroffer ansteigt (s. IV. Abschnitt).

3. Mit der Stärke der einzelnen Irritation wächst innerhalb gewisser Grenzen die Höhe, welche der Tetanus erreichen kann (s. V. Abschnitt).

4. Die in Folge des Tetanus sehr oft entstehende dauernde Verkürzung (Tiegel'sche Contractur) ist um so stärker, je intensiver die Reizung und je schwächer der Muskel. Bei gleichförmigen Tetanis von verschiedener Dauer ist die Grösse der Contractur der Dauer des Tetanus proportional (s. III. Abschnitt).

5. Wo nach einem Tetanus sich Contractur findet, lässt sich die tetanische Curve in zwei Theile zerlegen, so dass er als zusammengesetzt betrachtet werden kann, erstens aus einer proportional der Anzahl der Irritationen wachsenden Höhe (welche ich im folgenden die Contracturhöhe nennen will) und zweitens aus einer hyperbolisch wachsenden Höhe, die in ihrer Form mit der *sub* 1 genannten allgemeinen Form der ohne Contractur verlaufenden Tetanuscurve völlig identisch ist (s. III. Abschnitt).

6. Das von Rossbach kurz erwähnte Verhältniss, dass bisweilen derselbe Reiz, unmittelbar nach dem Tetanus auf den Muskel applicirt, grössere Wirkung als vor dem Tetanus hervorruft, ist eine in allen Fällen gültige Regel; sie verliert ihre Gültigkeit nicht, selbst wenn der Reiz schon vor dem Tetanus maximale Zuckungen hervorrief.

Diese Nachwirkung des Tetanus findet sich sowohl, wenn der Tetanus Contractur hinterlässt, als wenn eine solche nicht entsteht, und ist somit ein von der Contractur gänzlich unabhängiges Phänomen, obschon es sich natürlich oft mit Entstehung einer Contractur zusammenfindet, und daher bisweilen als von dieser abhängig betrachtet worden ist.

Unter sonst gleichen Verhältnissen wächst die Grösse der Nachwirkung mit der Höhe verschiedener Tetani und bei demselben Tetanus wächst sie mit der Dauer des Reizes. Einige Zeit nach dem Aufhören des Tetanus verliert sich in der Regel die Nachwirkung, und der Muskel verhält sich dann wie vordem.

---

1. Abschnitt.

Die Methodik. Es findet sich im Folgenden ein kurzer Ueberblick der Versuchsanordnung, und der Zwecke, welche dabei erstrebt wurden; die genauere Beschreibung des angewandten Apparats findet sich im II. Anhange dieser Abhandlung.

Die Muskeln, welche benutzt wurden, waren in der Regel Muskeln von Frosch und Kröte; letztere eignen sich wegen ihrer grossen Ausdauer vorzüglich zu unseren Versuchen. Einige Male wurden auch Kaninchenmuskeln verwendet. Am häufigsten kamen Mm. gastrocnemii und Triceps femoris zur Verwendung, bisweilen auch die parallel faserige Adductorengruppe am Femur. Der Muskel war öfters curarisirt und mit dem Thiere in Verbindung, so dass er dem Kreislauf erhalten war; doch wurden auch ausgeschnittene und mit $^1/_2$procentiger Kochsalzlösung ausgespülte Muskeln an-

gewandt. Ab und zu war der Muskel nicht curarisirt und die Reizung fand vom N. ischiadicus aus statt.

Ich kann hier gleich bemerken, dass die aufgestellten Hauptregeln für den Tetanus bei allen Arten von Muskeln, soweit ich sie geprüft habe, gleichmässig gelten.

Der Muskel zeichnete auf einer gleichmässig rotirenden Trommel vermittelst eines 107 ^{mm} langen, leichten einarmigen Hebels seine Zusammenziehungen auf; die Bewegungen des Hebels geschahen in einer durch die Axe des Cylinders gelegten Ebene, und der Hebel musste deswegen im Stande sein, sich ein wenig zu verkürzen und zu verlängern, um in jeglicher Stellung seine Bewegungen aufzeichnen zu können; dies wurde dadurch bewerkstelligt, dass die bewegliche Spitze des Hebels mit einer sehr schwachen Feder an der Oberfläche der Trommel angedrückt wurde. Die Veränderungen der Länge des Hebels zeigte sich versuchsgemäss zu klein, als dass eine Correction für sie nothwendig wäre. An den Hebel griff der Muskel 26 ^{mm} vom Drehungspunkte an; die Bewegungen des Muskels werden 4·1 mal vergrössert aufgezeichnet.

Bei der Zusammenziehung des Muskels wurde ein Gewicht, welches an einer um die Axe des Hebels geschlungenen Schnur hing, gehoben. Auf diese Weise wurden die Bewegungen des Gewichts sehr klein, und Wurfbewegungen waren gänzlich ausgeschlossen. Bei allen Versuchen war das Gewicht gleich gross und zwar 50 ^{grm}, was einer directen Belastung des Muskels von 6·7 ^{grm} entsprach.

Auf dem Cylinder wurde zugleich die Anzahl der Irritationen mit Hülfe eines dazu eingerichteten Elektromagnets, und die Zeit (in $^1/_{30}$ Secunde) vermittelst einer elektrischen Stimmgabel verzeichnet.

Die Curven wurden demnächst genau ausgemessen, zu welchem Zwecke das Curvenpapier mit einem geraden, der Abscissenlinie parallel gelegten, Metall-Lineal auf einer ebenen Glasplatte festgespannt wurde; durch Abzählen der vom Anfang der Irritation geschriebenen Anzahl von Stimmgabelschwingungen wurde die Abscissengrösse bestimmt, und dann die dazu gehörigen Ordinaten vermittelst eines rechtwinkligen Dreiecks, welches längs des Metall-Lineals geführt wurde, auf der Curve markirt. Auf diese Weise wurden in der Regel die Ordinaten für je 5—10 Stimmgabelschwingungen markirt, und dann jede Ordinate mit einem in 0·1 ^{mm} getheilten, auf der unteren Seite einer Spiegelglasplatte eingeritzten Maassstabe gemessen. Die Ablesungen auf dem Maassstabe geschahen mit einer Lupe, welche in einer auf dem Messtische angebrachten, sehr bequemen Führung nach jeder Richtung des Raumes beweglich war. Bei der grossen Anzahl der Messungen, welche auf jede Curve fiel, war eine solche Lupenführung fast ganz unentbehrlich.

Die angewandten Irritamente waren stets Inductionsschläge. Für die Reizungsmethode war die Erfüllung gewisser Bedingungen von unerlässlicher Nothwendigkeit. Erstens mussten die einzelnen Irritationen sämmtlich gleich stark und unter sonst gleichen Umständen von gleichartiger Wirkung auf den Muskel sein (also entweder Oeffnungsschläge für sich oder Schliessungsschläge für sich); es mussten dann auch die Irritationen mit genau gleichem Intervalle auf einander folgen. Weiter war es nothwendig, dass man die Stärke der einzelnen Irritationen variiren konnte, während das Intervall zwischen je zwei Irritationen constant blieb und endlich musste dafür gesorgt werden, dass man bei völliger Constanz der einzelnen Irritation das Intervall der Irritationen beliebig verändern konnte.

Folgende Methode kam zur Verwendung. Die Drahtenden der secundären Rolle (s. Fig. 1) eines du Bois' Inductionsschlittens wurden an die zwei Enden des Muskels geführt; da der zum Oeffnen und Schliessen des primären Stromes dem Apparat gewöhnlich mitgegebene Hammer obenstehende Forderungen nicht zu erfüllen vermochte, wurde zum Schliessen und Oeffnen der im II. Anhange genauer beschriebene Apparat benutzt, welcher im Wesentlichen auf folgenden Principien beruht.

Ein sehr regelmässiges Uhrwerk trieb mit nach Belieben zu variirender Schnelligkeit ein in horizontaler Ebene liegendes, mit Platinzähnen versehenes Rad (Fig. 1 *A*) um eine verticale Axe. Die Zähne dieses Rades, welches elektrisch isolirt war, stiessen einer nach dem anderen gegen eine, ebenfalls isolirte Platinplatte (Fig. 1 *a*) welche auf einer kurzen starken Feder angebracht war. Der primäre Strom ging vom Elemente (Fig. 1 *E*) nach dem Rade, von da ab, solange ein Zahn die Platinplatte berührte, nach der Platinplatte, dann umkreiste er die primäre Rolle (Fig. 1 *C*) um endlich zum Elemente zurück zu gehen. Der primäre Strom wurde im Augenblicke, wo eben ein Zahn im Rade die Platinplatte berührte, jedesmal geschlossen, und wiederum geöffnet, wenn der Zahn die Platte eben verliess. Rad und Platte waren, um die Platincontacte auf die Dauer rein zu halten, in ein Gefäss mit einer reichlichen Menge Alkohols versenkt.

In derselben Richtung und mit genau derselben Geschwindigkeit wurde zu gleicher Zeit ein anderes Rad, das Abblenderad (Fig. 1 *B*) rotirt; das Abblenderad, genau, wie das eben beschriebene Strombrecherad gebaut und wie dies ebenfalls elektrisch isolirt, stiess bei der Umdrehung mit seinen Zähnen, einer nach dem anderen, gegen eine, auf eine kurze Feder angebrachte, elektrisch isolirte Platinplatte (Fig. 1 *b*). Dieses Rad war aber auf der Axe so gestellt, dass ein Zahn derselben gegen die Platte stiess, einen Augenblick bevor der entsprechende Zahn im Strombrecherad durch Berühren mit der dazu gehörigen Platte einen Schluss des primären Stroms bewirkte. Da wie erwähnt die beiden völlig ähnlichen Räder mit derselben

Geschwindigkeit rotirten, verliess auch der Zahn des Abblenderads seine Platte kurz bevor der entsprechende Zahn des Strombrecherads seine Platte verliess, und damit den primären Strom öffnete.

Das Abblenderad war in einer metallenen Leitung angebracht, welche von dem einen Drahtende der secundären Rolle des Inductionsapparats zum Abblenderad, von da durch einen Zahn, wenn er in Berührung mit der Platte war, zu dieser, und dann zum anderen Drahtende der secundären Rolle ging. Diese metallene Leitung ist auf der Fig. 1 mit · · · · · · · markirt. Somit wurde, wenn ein Zahn gegen die Platte stiess, eine Nebenschliessung zum Muskel gebildet, und da dies jedesmal unmittelbar vor der Schliessung des primären Stromes geschah, bekam der Muskel keine Schliessungsschläge. Wenn der primäre Strom geöffnet wurde, war schon einen Augenblick vorher die Nebenschliessung aufgehoben, und der Muskel empfing somit die Oeffnungsschläge und nur diese.

Es war hiermit ein Theil der obengenannten Forderungen erfüllt, indem nur Oeffnungsschläge verwendet wurden, die Contactlösung immer auf dieselbe Weise geschah, und das Intervall zwischen je zwei Irritationen bei demselben Gange des Apparats überall gleich gross war. Es war ferner möglich durch Verändern des Abstands zwischen der primären und secundären Inductionsrolle die Stärke der einzelnen Irritation unabhängig von der Grösse des Intervalls zu variiren.

Wir wenden uns jetzt zur Beschreibung der Vorrichtung, durch welche es möglich wurde, das Intervall zwischen den Irritationen zu variiren, ohne dass sich hierdurch zu gleicher Zeit auch die Stärke des einzelnen Reizes änderte. Wenn die Rotationsgeschwindigkeit des Strombrecherades vergrössert oder vermindert wird, um hierdurch die Frequenz der Reize zu ändern, so muss nothwendigerweise auch jeder Zahn des Rades an der Platinplatte mit grösserer oder geringerer Geschwindigkeit vorbeistreifen; hiermit wird bekanntlich die Wirkung verändert, und zwar, wie sich leicht nachweisen lässt, bisweilen gar nicht unbeträchtlich.

Um dieses Verhältniss controliren zu können, wurde eine Vorrichtung getroffen, durch welche es möglich war, die Wirkung eines einzelnen Reizes auf den Muskel zu beobachten, während der Apparat mit der eben gewünschten Rotirungsgeschwindigkeit im vollen Gange war. Dies wurde dadurch erreicht, dass man jedesmal, wenn die Wirkung solch' eines einzelnen Reizes probirt werden sollte, durch einfache Bewegung eines Schlüssels eine metallene Nebenleitung zum Muskel legte, welche sämmtliche Inductionsschläge abblendete. Wenn demnächst der Apparat mit der vollen gewünschten Geschwindigkeit rotirte, bewirkte ein einfacher Handgriff, dass eine Feder im Apparat die Nebelschliessung für den Muskel eben für die Zeit, in welcher ein Zahn die Platinplatte passirte, automatisch öffnete, um

sie dann wieder dauernd zu schliessen. Hierbei empfing der Muskel einen einzelnen Reiz, dessen Wirkung auf der Trommel verzeichnet wurde. War nun die Wirkung eines Inductionsschlags bei verschiedener Umdrehungsgeschwindigkeit des Unterbrechungsrades verschieden, so konnte sie durch passendes Verschieben der secundären Rolle gleich gross gemacht werden; es war auf diese Weise mit hinlänglicher Genauigkeit möglich, die Einzelzuckungen in Versuchen mit verschiedener Frequenz gleich gross zu machen.

Später wurde letzteres leichter und sicherer dadurch bewirkt, dass bei Frequenzversuchen der Gang des Apparates überhaupt nicht verändert, sondern der Wechsel der Frequenz dadurch bewerkstelligt wurde, dass, während das Rad mit derselben Geschwindigkeit rotirte, plötzlich die Wirkung einer gewissen Anzahl von Zähnen gänzlich vom Muskel abgeblendet wurde, wodurch die Frequenz sich entsprechend verringerte. Ebenso konnte durch Aufhebung der Abblendung die Frequenz vergrössert werden. Bei unserem Apparat war die Einrichtung so getroffen, dass dreiviertel der Zähne mit einem Schlage gänzlich abgeblendet werden konnten und somit nur jeder vierte Zahn zur Wirkung kam, ohne die geringste Aenderung des einzelnen Reizes.

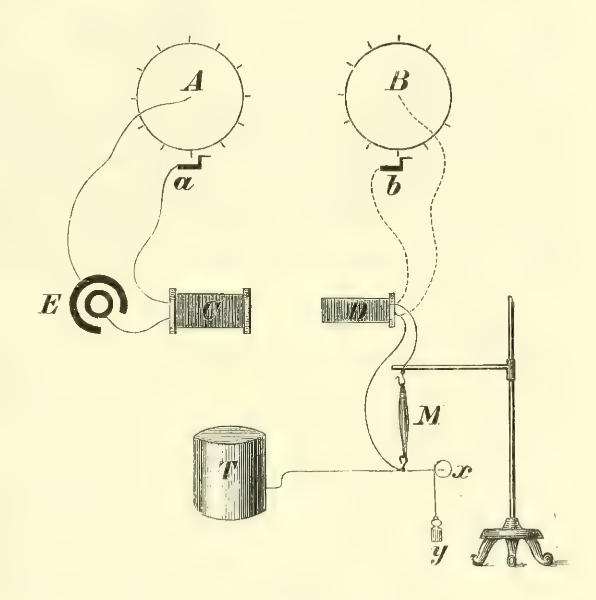


Fig. 1.

A Strombrecherad; *a* dazu gehörende Plattinplatte; *B* Abblenderad; *b* dazu gehörende Platinplatte; *C* primäre Inductionsrolle; *D* secundäre Inductionsrolle; *E* Element; *M* Muskel; *x* Axe des Hebels; *y* Gewicht; *T* rotirender Cylinder.

Die metallene Nebenschliessung zum Muskel ist durch ...... markirt.

Zum Schlusse sei nur bemerkt, dass der so construirte Apparat, fast immer Tetani von völligster Gleichmässigkeit lieferte, was die weiter unten folgenden Abbildungen der Originalcurven zeigen.

In umstehender Fig. 1 findet sich eine schematische Zeichnung der Weise, auf welche der Muskel im Strome angebracht war; von dem mechanischen Theil der Stromleitung ist nur das den Strom unterbrechende und das ihn abblendende Rad gezeichnet. Die genauere Beschreibung des Apparates findet sich im zweiten Anhang.

---

2. Abschnitt.

Die Form der tetanischen Curve. Es ist schon oben bemerkt, was ich mit dem Ausdrucke „tetanische Curve" verstehe, und dass ihre Abscissen der seit Anfang der Reizung verlaufenen Zeiten, die Ordinaten der Grösse der Muskelverkürzung proportional sind. Diese beiden Grössen werden direct auf dem Curvenpapier gefunden, indem die Grösse der Ordinaten mit dem oben genannten, in 0·1 mm eingetheilten Maassstabe gemessen werden.

Die Abscissen sind so bestimmt, dass die Anzahl der Stimmgabelschwingungen, welche vom Anfange der Curve bis zum Punkte aufgeschrieben sind, gezählt, und diese Zahl mit der horizontalen Länge einer Stimmgabelschwingung multiplicirt wird; diese letztgenannte Grösse (horizontale Länge einer Stimmgabelschwingung) wird verschieden, wenn (alles übrigens gleich) die Trommel mit verschiedener Geschwindigkeit rotirt; zur Vergleichung mit einander müssen die Curven also auf einer mit immer derselben Geschwindigkeit rotirenden Trommel gezeichnet gedacht werden; darum ist überall die Länge einer Stimmgabelschwingung (welche in allen Versuchen $^1/_{30}$ Secunde war) gleich gross und zwar gleich 1 gesetzt. Die Abscissen sind dann durch die Zahl der Stimmgabelschwingungen ($^1/_{30}$ Secunde) ausgedrückt; die Ordinaten sind in der Grösse, die sie an der Curve haben, aufgeführt, also immer (siehe Seite 236) 4·1 mal grösser als die Muskelzusammenziehungen.

Die Form der Tetanuscurve findet sich nun rein empirisch dadurch bestimmt, dass die Verhältnisse zwischen Abscissen und Ordinaten Zahlen bilden, welche als Ordinaten in den entsprechenden Abscissenpunkten aufgetragen sämmtlich in einer geraden Linie liegen.

Lassen wir die Abscissen einiger Punkte der Tetanuscurve $x_1, x_2, x_3 \ldots$, die entsprechenden Ordinaten y_1, y_2, y_3 heissen; die Verhältnisse zwischen Abscissen und Ordinaten sind also $\frac{x_1}{y_1}, \frac{x_2}{y_2}, \frac{x_3}{y_3} \ldots$; werden diese Verhältnisse in den Abscissenpunkten $x_1, x_2, x_3 \ldots$ als Ordinaten aufgetragen, so

liegen ihre oberen Enden in einer geraden Linie. Nennen wir die Abscissen dieser geraden Linie X, die Ordinaten Y, den Winkel, welcher die Linie mit der Abscissenaxe bildet v, das Stück, das die Linie von der Ordinatenaxe abschneidet k, dann hat man also

$$Y = X tg v + k.$$

Ich setze jetzt die Weise, auf welche diese Thatsache empirisch gefunden ist, auseinander, indem ich sie durch ein Beispiel erläutere. Das Beispiel ist einem curarisirten Froschgastrocnemius entnommen; die Anzahl der Irritationen war 27 in einer Secunde; Grösse der Einzelzuckung = 33·1 (0·1 mm). Die Curve findet sich übrigens im 1. Anhange als Nr. 23 angeführt; eine genaue Abbildung der Originalcurve giebt Fig. 3 auf S. 245.

In der ersten Rubrik untenstehender Tabelle findet sich die Anzahl der Stimmgabelschwingungen ($^1/_{30}$ Secunde) vom Anfange der Curve aus gezählt; in der zweiten Rubrik sind die entsprechenden durch Messung bestimmten Ordinatenhöhen in 0·1 mm als Einheit angegeben.

Tabelle I.

1 Anzahl von Stimmgabelschwingungen vom Anfange der Curve.	2 Höhe der tetanischen Zusammenziehung.	3 m	4 tgv	5 k
15	128·7	0·1165	0·0058	0·030
20	137·5	0·1455	0·0058	0·030
30	147·4	0·2035	0·0058	0·030
40	152·8	0·2618	0·0058	0·031
50	156·2	0·3201	0·0057	0·031
60	159·0	0·3774	0·0057	0·031
70	161·2	0·4342	0·0058	0·031
85	163·2	0·5208		0·030

Die dritte, m überschriebene Rubrik, enthält die Verhältnisse zwischen Abscissen und Ordinaten; diese sind es, von welchen gezeigt werden soll, dass sie als Ordinaten in den entsprechenden Abscissenpunkten aufgetragen in einer geraden Linie liegen. Zu diesem Zwecke ist jeder Punkt m mit dem nächstfolgenden durch eine gerade Linie verbunden gedacht (also m_1 mit m_2, m_2 mit m_3...), und die Tangente des Winkels, welchen jede dieser Linien mit der Abscissenaxe bildet, ist auf bekannte Weise ($tgv = \frac{m_2 - m_1}{x_2 - x_1}$) berechnet, und die Resultate in der vierten Rubrik (tgv überschrieben) angeführt;

wenn alle diese Tangenten sich gleich gross zeigen, liegen nothwendigerweise die Punkte m_1, m_2, m_3... in einer geraden Linie; dies findet nun, wie aus der Tabelle ersichtlich, sehr annähernd statt, und der obenstehende Satz ist hierdurch bewiesen. In der fünften Rubrik ist nun berechnet, ein wie grosses Stück (k) die besprochene Linie von der Ordinatenaxe abschneidet, indem zuerst das arithmetische Mittel von allen (einander ja sehr naheligenden) tgv genommen, und dann für jeden Punkt das Stück k aus der Gleichung

$$Y = Xtgv + k$$

berechnet ist.

Ich füge noch ein Beispiel desselben Satzes hinzu. Die Anzahl der Irritationen in einer Secunde = 18.

Die Bezeichnungen haben ganz dieselbe Bedeutung wie im ersten Beispiel. Auch in diesem Falle sind die tgv beinahe völlig gleich gross, und der Satz somit auch hier gültig.

Tabelle II.

1 Anzahl der Stimmgabelschwingungen vom Anfange der Curve.	2 Höhe der tetanischen Zusammenziehung.	3 m	4 tgv	5 k
45	244·6	0·1840	0·0030	0·052
60	262·5	0·2286	0·0029	0·053
75	275·8	0·2719	0·0029	0·052
90	285·3	0·3155	0.0029	0·052
105	292·3	0·3592	0·0029	0·052
120	298·0	0·4027	0·0029	0·051
150	305·8	0·4905	0.0029	0·051
180	311·3	0·5782	0·0030	0·051
210	314·8	0·6671		0·052

Obenstehendes Beispiel findet sich im ersten Anhang als Nr. 16 aufgeführt. Ich füge noch hinzu, dass sowohl tgv als k mit 3 gültigen Decimalen bestimmt sind (auf diese Weise sind auch die Beispiele im Anhange eingeschrieben; siehe daselbst), und nur hier der Uebersicht halber mit zwei gültigen Decimalen ausgedrückt wurden; so ist zum Beispiel in Tabelle II das Mittel der $tgv = 0{\cdot}00293$ (siehe erster Anhang Nr. 16) und diese Grösse ist zur Berechnung der Constante k angewandt.

Ich gebe hier nicht mehr Beispiele, weil solche in genügender Menge im ersten Anhang vorhanden sind (so findet sich ein Beispiel mit hoher Frequenz der Irritationen im ersten Anhange Nr. 17.)

Wenn der Tetanus überhaupt eine continuirliche Curve bildet und regelmässig verläuft, was bei der von mir angewandten Reizmethode so gut wie immer der Fall war, hat sich obengenannte Regel als allgemein und sicher erwiesen unter gewissen Bedingungen, nämlich: Erstens muss der Tetanus keine Tiegel'sche Contractur hinterlassen; zweitens ist es eine Bedingung, dass der Muskel sich in einem solchen Zustande befinde, dass zwei genau ähnliche, kurz aufeinander folgende, jedoch in ihrer Wirkung nicht summirte Reize, welche durch den Muskel geschickt werden, dieselbe Wirkung herbeiführen, dass also der Muskel auf zwei gleiche, mit geringem Intervalle nacheinander applicirte Reize mit gleich grossen Einzelzuckungen antwortet. Dies ist bekanntlich nicht der Fall, wenn der Muskel ermüdet ist; dann rufen kurz aufeinander folgende Reize immer kleinere Zuckungen hervor; in diesem Falle gilt denn auch nicht die Regel: die tetanische Curve verlässt, wenn der Muskel ermüdet, seine frühere Richtung und sinkt gegen die Abscissenaxe. Oft, aber nicht immer geschieht es auch, wie Kronecker gezeigt hat, dass gleich im Anfange der Muskel auf gleichen Reiz mit ungleichen Zuckungen, erst anwachsenden, dann abnehmenden, antwortet, bis die Zuckungen eine Mittelstellung annehmen, auf der sie sich sehr lange Zeit halten. Es finden sich dann auch im allerersten Anfange bei der tetanischen Curve häufig eben solche Schwingungen, und dort gilt natürlich auch nicht die Regel; im überwiegend grösseren Abschnitte der tetanischen Curve ist die Regel leicht zu demonstriren, wie aus dem ersten Anhange ersichtlich ist, wenn nur grosse Sorgfalt auf die Reizungsmethode und auf die Messungen verwendet wird.

Nachdem wir nun gezeigt haben, dass (mit obenstehenden Bedingungen, worüber später Näheres) im Allgemeinen die Regel gilt, dass die Verhältnisse zwischen Abscissen und Ordinaten der tetanischen Curve, in den entsprechenden Abscissenpunkten aufgetragen in einer geraden Linie, von der Formel

$$Y = X tg v + k \ldots\ldots (1)$$

gelegen sind, wenden wir uns zur näheren Betrachtung der Eigenschaften der Curve. Nennen wir die Abscissen der Tetanuscurve x_1, die Ordinaten y_1. Die Verhältnisse $\frac{x_1}{y_1}$ sind dann gleich die Ordinaten der obenstehenden geraden Linie oder gleich Y; die Abscissen der tetanischen Curve und die der geraden Linie sind nach der Formulirung der Regel gemeinschaftlich

also $x_1 = X$; bei Einsetzung dieser Werthe in der Gleichung (1) giebt sich die Formel der Curve als

$$\frac{x_1}{y_1} = x_1 tg v + k$$

oder

$$x_1 = y_1 (x_1 tg v + k) \ldots (2)$$

Die Gleichung (2) wollen wir näher discutiren; wir verschieben zu diesem Zwecke die Axen parallel, indem wir

$$y_1 = \eta + \beta$$
$$x_1 = \xi + \alpha$$

setzen, wo ξ und η die neuen Axen sind, α und β von uns zu bestimmende Grössen, und erhalten bei Einsetzung dieser Werthe in die Gleichung (2), die Formel der Curve als

$$(\xi + \alpha) = (\eta + \beta)(\xi tg v + \alpha tg v + k).$$

Wird in diese Gleichung

$\beta \, tg v = 1,$ also $\beta = cot\, v$

und

$\alpha tg v + k = 0,$ also $\alpha = \div k\, cot\, v$

gesetzt, so wird die Gleichung der Curve

$$\eta \xi = \div k\, cot^2 v,$$

oder das Product der Abscissen mit den Ordinaten der zu den neuen Axen hingeführten Curve ist constant. Also

> Die tetanische Curve ist eine zu den Asymptoten als Axen hingeführte gleichseitige Hyperbel.

Die Hyperbel ist (siehe das negative Vorzeichen) im 2. und 4. Quadranten gelegen. Die Asymptoten der Curve haben respective die Abstände β (= $cot\, v$) und α (= $\div k\, cot\, v$) von den ursprünglichen Axen.

Ich gebe umstehend in Fig. 2, um die oben entwickelten Verhältnisse zu illustriren, die schematische Zeichnung einer Tetanuscurve mit Hinzusetzung der Asymptoten. In der Figur bedeutet OA die tetanische Curve; OE und OD die ursprünglichen Axen der Curve; $O_1 B$ und $O_1 C$ die neuen Axen (Asymptoten) der Curve; $a_1 m_1$, $a_2 m_2$, $a_3 m_3$, sind Verhältnisse zwischen Abscissen und Ordinaten der Curve in den Punkten a_1, a_2, a_3; SS_1 sind Stimmgabelschwingungen;

$$\angle FCE = \angle v;\ OH = k;\ OD = \beta = cot\, v;\ OC = \alpha = \div k\, cot\, v.$$

Untenstehende Fig. 3 ist eine genaue Abbildung der Originalcurve, welche das in der obenstehenden Tabelle 1 (S. 241) gegebene Beispiel ge-

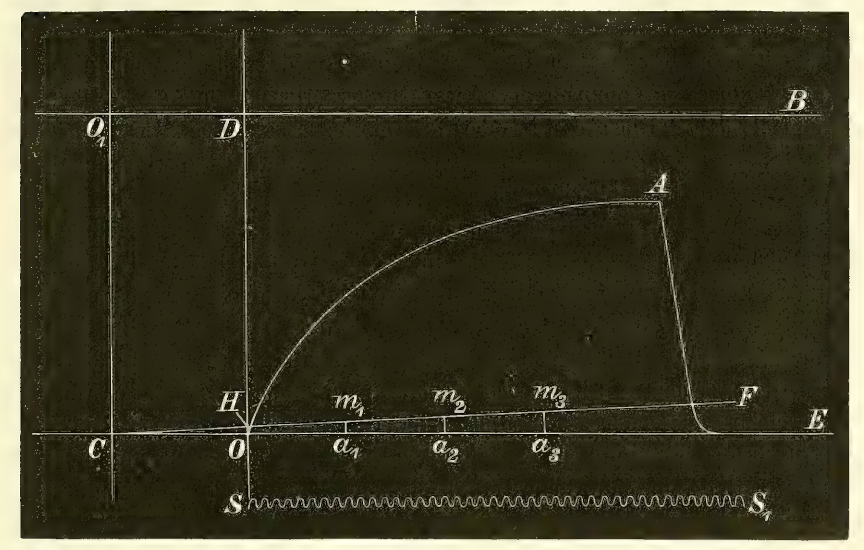


Fig. 2.

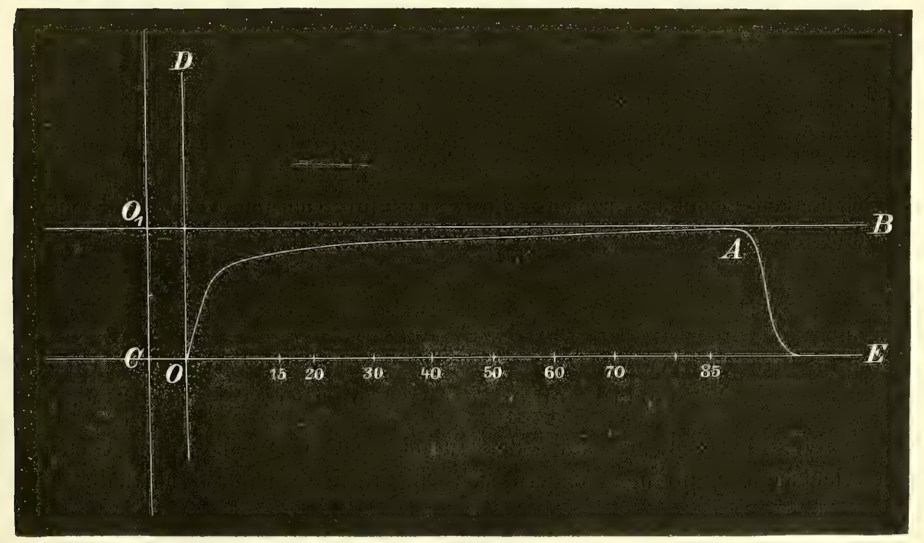


Fig. 3.

liefert hat. Auch hier sind die neuen Axen hinzugesetzt. Die Buchstaben haben dieselbe Bedeutung wie in Fig. 2.

Es geht aus Obenstehendem hervor, dass die tetanische Curve des unermüdeten Muskels sich einer Grenze asymptotisch nähert. Diese Grenze liegt β Zehntel Millim., wo $\beta = cot\, v$, über der ursprünglichen Abscissenaxe, und lässt sich von beliebigen Stücken der Curve bestimmen. Es ist jetzt einzusehen, warum die grösste Höhe des Tetanus sich nicht als genaues Maass für die von der Irritation hervorgerufenen Aenderungen gebrauchen lässt. Die grösste Höhe des Tetanus ist nämlich, wie schon oben gesagt, von dem Zeitpunkt, zu welchem die Ermüdung eintritt, abhängig; dieser Zeitpunkt ist aber variabel.[1]

Der Weg, welcher eingeschlagen werden muss, ist unzweifelhaft der, die Abhängigkeit der Constanten k und $cot\ v$ (Grenzwerth des Tetanus) von der Art und Weise der Irritation zu bestimmen. Es wird sich im Folgenden zeigen, dass die Constanten k und $cot\ v$ jede für sich von ganz bestimmten Aenderungen der Irritationsmethode abhängig sind.

Allein, bevor ich das entwickeln kann, wird es nöthig sein zu bestimmen, auf welche Weise sich der Tetanus verhält, wenn nach demselben Contractur eintritt. Es wird nämlich, um die Veränderungen der Constanten festzustellen, nöthig sein, eine Reihe Tetani mit demselben Muskel hervorzubringen; hierbei lässt sich wohl die Ermüdung ziemlich eliminiren, indem man, um die Constanten mit Genauigkeit zu bestimmen, Tetani von nur geringer Dauer gebrauchen kann; fast immer aber geschieht es, dass bei einigen Tetani einer Reihe Contractur auftritt, besonders wenn der Reiz stark ist. Um zu ermitteln, auf welche Weise wir Tetani mit und ohne Contractur vergleichen können, müssen wir die Form der mit Contractur verlaufenden Tetanuscurve feststellen; um hierzu zu gelangen, müssen wir zuerst betrachten, welche Function die Grösse der Contractur von der Anzahl des Reizes ist. Auch dieses lässt sich mit zu unserem Zwecke hinreichender Genauigkeit ausfindig machen, wie wir es im nächsten Abschnitte sehen werden.

---

3. Abschnitt.

Ueber die Contractur und über die Form der mit Contractur verlaufenden tetanischen Curve.

Wenn nach einem Tetanus der Muskel nicht sofort seine frühere Gleichgewichtslage einnimmt, sondern sich längere Zeit hindurch oberhalb der

[1] Will man die grösste Höhe als ungefähres Maass der Veränderungen anwenden, so muss sorgfältig dafür gesorgt werden, dass immer das Mittel zwischen einem ersten und einen darauffolgendem Controlversuche genommen wird. Da die Ermüdung mit der Zeit zunimmt, obschon lange nicht proportional der Zeit, so lässt sich dadurch ein einigermaassen brauchbares vorläufiges Resultat finden.

Abscissenlinie hält; wenn mit anderen Worten Contractur nach dem Aufhören der Reizung eintritt, so hat die tetanische Curve nicht die im vorigen Abschnitte entwickelte Form. Um dieses Verhältniss näher zu studiren, ist es zuvörderst nothwendig, einige für die Contractur geltende Regeln zu suchen. Zu diesem Zwecke ist es aber vor allen Dingen erforderlich zu bestimmen, nach welcher Regel sich die Contractur messen lässt. Die Grösse der Contractur nimmt nämlich mit der Zeit, welche seit dem Aufhören des Reizes verflossen ist, fortwährend ab, indem sie, auf einer rotirenden Trommel gezeichnet, eine gegen die Abscissenaxe convexe Curve bildet. Eine willkürliche Ordinatenhöhe dieser Curve als Grösse der Contractur zu betrachten, ist natürlich falsch. Denn was wir wissen wollen, ist augenscheinlich, welche Gleichgewichtslage strebt der Muskel im Momente, wo der Reiz zu wirken aufhört, einzunehmen? Der Abstand dieser Gleichgewichtslage von der ursprünglichen Abscissenaxe ist die Grösse der Contractur. Giebt es nun aber überhaupt eine constante, von der ursprünglichen abweichenden Gleichgewichtslage? Man könnte dies wohl bezweifeln, weil der Muskel in der Regel doch zuletzt seine alte Gleichgewichtslage wieder einnimmt, wenn nur hinlänglich lange gewartet wird.

Die Versuche zeigen nun, dass in der ersten Zeit nach Aufhören des Tetanus, der Muskel allerdings nach einer neuen bestimmten Gleichgewichtslage strebt und der empirische Beweis, welcher sich zu diesem Ende führen lässt, giebt zu gleicher Zeit die Mittel, diese neue Lage zu messen.

Et zeigt sich nämlich, dass in der Regel der Muskel sich in der ersten Zeit nach dem Tetanus nach einer hyperbolischen Curve verlängert. Die Asymptoten dieser Hyperbel sind respective den Abscissen und Ordinatenaxen der tetanischen Curve parallel. Der Weg, um die neue Gleichgewichtslage zu bestimmen ist hiermit bezeichnet: man muss die Constanten der hyperbolischen Verlängerungscurve bestimmen und daraus die Lage der, der Abscissenaxe parallelen Asymptote suchen; der Abstand dieser Asymptote von der Abscissenaxe ist dann die Grösse der Contractur in dem Augenblicke, wo eben der Reiz zu wirken aufhörte, denn von diesem Momente ab, strebt der Muskel sich in die Asymptotenlinie einzustellen.

So umständlich auch diese Versuchsmethode sein mag, ich sehe keine andere brauchbare Methode zur wirklichen Bestimmung der Grösse der Contractur.

Den empirischen Beweis, dass die Form der Verlängerungscurve die einer gleichseitigen Hyperbel ist, wollen wir ganz auf dieselbe Weise wie den Beweis für die Form der Tetanuscurve (siehe S. 243) führen. Zu diesem Zwecke ziehen wir parallel mit der Abscissenaxe (Fig. 4) eine

Linie (OP Fig. 4), welche die Verlängerungscurve in dem Punkte O schneidet. Der Abstand dieser Linie von der Abscissenaxe sei g; von der Linie OP aus, welche wir jetzt als Abscissenaxe der Curve betrachten, messen wir für bekannte Abscissenwerthe (in Stimmgabelschwingungen von dem Punkt O ausgerechnet) die Ordinatenhöhe der Curve z. B. für den Abscissenwerth a_1, die Ordinate $a_1 b_1$, für den Abscissenwerth a_2, die Ordinate $a_2 b_2$ u. s. w. (siehe Fig. 4). Ganz wie bei der Berechnung der Tetanuscurve dividiren wir jetzt die Abscisse a_1 mit der Ordinate $a_1 b_1$, a_2 mit $a_2 b_2$ u. s. w.; diese Verhältnisse setzen wir als Ordinaten in den entsprechenden Abscissenpunkten a_1, a_2 .... auf, und finden, dass die Endpunkte sämmtlicher dieser Ordinaten in einer geraden Linie gelegen sind. Ganz wie beim Tetanus zeigen wir dies indem wir zwei und zwei der Endpunkte der Ordinaten durch eine gerade Linie verbinden, und die Tangente (tgd bezeichnet) des Winkels, welchen jede dieser geraden Linien mit der Abscissenaxe bildet, berechnen. Diese Tangenten werden sich sämmtlich gleich gross zeigen, folglich — da der Beweis ganz wie bei der Tetanuscurve S. 242 geführt wird — ist die Curve eine gleichseitige Hyperbel, deren eine Asymptote (Fig. 4 AA_1) parallel der Linie OP liegt, und in einem Abstand von derselben $= cot\ d$ sich befindet; da die Linie OP parallel der ursprünglichen Abscissenaxe gezogen ist, liegt die eben genannte Asymptote auch der ursprünglichen Abscissenaxe parallel. Der Abstand dieser Asymptote von der Abscissenaxe der Tetanuscurve findet sich folgendermaassen. Die Linie OP liegt um ein bekanntes willkürliches Stück, welches wir g genannt haben, oberhalb der Abscissenaxe; die Asymptote liegt wieder ein Stück, $cot\ d$, unterhalb der Linie OP, folglich liegt die Asymptote $g - cot\ d$ oberhalb der ursprünglichen Abscissenaxe. Die Grösse ist nun, wie leicht ersichtlich, nichts anderes, als die Grösse der Contractur in dem Augenblicke, wo der Tetanus abgebrochen wurde.

Die Asymptote ist nämlich die Gleichgewichtslage, nach welcher der Muskel im Momente, wo der Reiz zu wirken aufhört, strebt; die ursprüngliche Abscissenlinie ist die Gleichgewichtslage, welche der Muskel vor dem Anfange des Tetanus innehielt, und somit ist der Abstand der Asymptote von der ursprünglichen Abscissenlinie nach der Definition die Grösse der Contractur (Fig. 4 KK_1).

Ein Beispiel mag obenstehende Entwickelung erläutern. Das Beispiel ist in Fig. 4 abgebildet, auf solche Weise, dass nur das vordere und hintere Stück der Originalcurve genau wiedergegeben ist, während ein grosses Mittelstück des Raumes willen weggelassen wurde. (In der Figur sind die Hülfslinien eingesetzt). Die Linie OP ist gezogen $230 \cdot 5$ ($^1/_{10}{}^{mm}$) oberhalb der Abscissenaxe, also $g = 230 \cdot 5$.

In der umstehenden Tabelle enthält die erste Rubrik die Abscissen-

werthe von Punkt O ausgerechnet in Zehntel Secunden ausgedrückt; die zweite Rubrik enthält die entsprechenden Ordinatenwerthe ($a_1 b_1$, $a_2 b_2$ ....) in Zehntel Millimeter; die dritte Rubrik (mit der Ueberschrift W) enthält die Verhältnisse zwischen Abscissen und Ordinaten $\left(\frac{O\, a_1}{a_1\, b_1}, \frac{O\, a_2}{a_2\, b_2} \ldots\right)$; jeder von diesen Punkten ist mit dem nächstfolgenden durch eine gerade Linie verbunden gedacht, und die Tangenten des Winkels, welchen jede dieser Linien mit der Abscissenaxe ($O\,P$) bildet, ist in die vierte Rubrik (unter der Ueberschrift *tgd*) eingetragen. Sie findet sich nahezu gleich gross; die Punkte W liegen deshalb in einer geraden Linie, und die Verlängerungscurve ist somit eine gleichseitige Hyperbel.

Tabelle 3.

Abscissen-werthe in $^1/_{10}$ Secunde.	Ordinaten-werthe in $^1/_{10}$ mm.	W	*tgd*
2	25·0	0·0800	0·0096
3	33.5	0·0896	0·0092
4	40·5	0·0988	0·0100
6	50·5	0·1188	0·0096
8	58·0	0·1379	

Das arithmetische Mittel von *tgd* ist gleich 0·0096; folglich $\cot d = 104 \cdot 2$; $\cot d$ Zehntel Millimeter ist der Abstand der Asymptoten unterhalb der Linie $O\,P$ (siehe die analoge Entwickelung S. 244 ff.). Die Linie $O\,P$ liegt

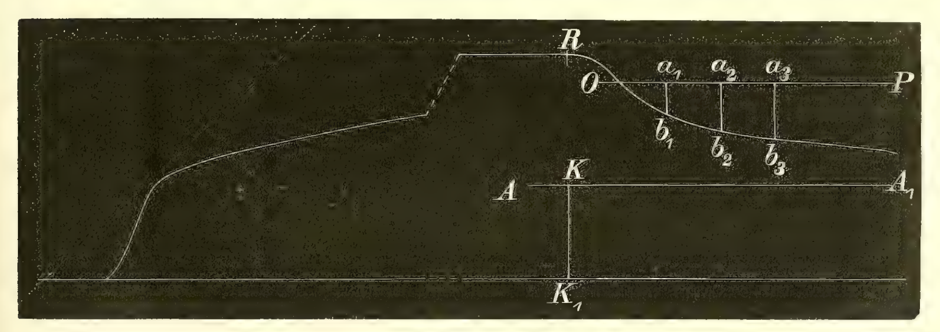


Fig. 4.

wie oben gesagt 230·5 ($^1/_{10}$ mm) oberhalb der ursprünglichen Abscissenaxe. Die Contractur (K) beim Aufhören des Tetanus (oder im Punkte R, Fig. 4) ist somit

$$K = 230 \cdot 5 - 104 \cdot 2 = 126 \cdot 3.$$

Hier folgt noch ein Beispiel (in Fig. 5 abgebildet). Die Bezeichnungen sind wie oben; der Abstand der Linie *OP* somit g; die Grösse der Contractur K.

$$g = 125 \cdot 0.$$

Tabelle 4.

Abscissenwerthe in $^1/_{10}$ Secunde.	Ordinatenwerthe in $^1/_{10}$ mm.	W	tgd
1	97·0	0·01031	0·00856
2	106·0	0·01887	0·00840
3	110·0	0·02727	0·00851
4	111·8	0·03578	

Das Mittel von tgd ist gleich 0·00849; somit $\cot d = 117 \cdot 8$.

$$K = 125 \cdot 0 - 117 \cdot 8 = 7 \cdot 2.$$

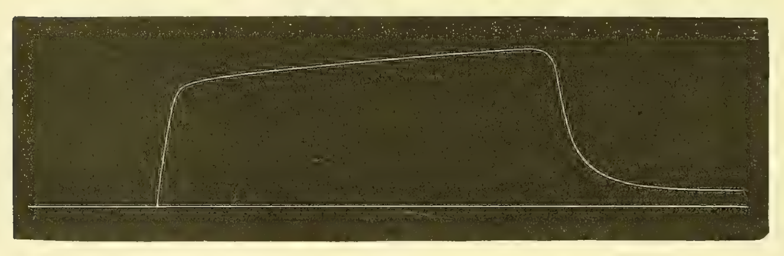


Fig. 5.

Ein drittes Beispiel folgt hier:

$$g = 47 \cdot 0.$$

Tabelle 5.

Abscissenwerthe in $^1/_{10}$ Secunde.	Ordinatenwerthe in $^1/_{10}$ mm.	W	tgd
1	24	0·0417	0·0273
2	29	0·0690	0·0278
3	31	0·0968	0·0282
4	32	0·1250	

Das Mittel von $tgd = 0 \cdot 0277$; $\cot d = 36 \cdot 1$.

$$K = 47 \cdot 0 - 36 \cdot 1 = 10 \cdot 9.$$

Weitere Beispiele finden sich S. 252.

Nachdem wir gesehen haben, auf welche Weise die Grösse der Contractur zu bestimmen ist, wenden wir uns zur Behandlung der nächsten Frage: Wie verhält sich die Grösse der Contractur je nachdem der Reiz früher oder später zu wirken aufhört, oder mit anderen Worten, welche Function ist die Grösse der Contractur von der Zeit? Können wir dieses finden, dann können wir auch berechnen, wie viel von der Hubhöhe in jedem Punkte des Tetanus auf die Contractur zu schieben ist, und wie viel der Höhe des Tetanus der eigentlichen tetanischen Contraction zukommt.

Das Auffinden einer Regel in dieser Hinsicht macht aber Schwierigkeiten. Der einfachste Vorgang scheint derjenige zu sein, dass man mehrere Tetani, völlig gleichförmig aber von verschiedener Dauer, hervorbringt, nach jedem Tetanus die Grösse der Contractur misst, und dann bestimmt, welche Function diese Grösse von der Dauer des Tetanus ist. Die Methode bewährt sich aber nur selten, bei sehr guten Muskeln und nicht zu starker Reizung; in der Regel geschieht es, dass die Grösse der Contractur, wenn man mehrmals nach einander tetanisirt, nicht allein mit der Dauer wächst, sondern auch zu gleicher Zeit mit der Anzahl der schon verlaufenen Tetani stetig zunimmt, oder, wie man es ausdrücken kann, der Muskel behält vom abgelaufenen Reiz, wie lange man auch wartet, die Eigenschaft bei einer neuen Reizung leichter als früher in Contractur zu verfallen. Unser Ziel, die Grösse der Contractur in jedem Punkte eines stetig fortgesetzten Tetanus gesetzmässig zu erkennen, wird hierdurch vereitelt; bisweilen zeigen jedoch die wiederholten Controlversuche, dass der Muskel in dieser Beziehung durch die Reizung nicht verändert wurde, indem beim Schlusse des Versuches derselbe Tetanus eben dieselbe Contractur hervorruft als im Anfange.

Bei einem solchen Versuche zeigte sich für gleichförmige Tetani folgendes Verhältniss:

Dauer	des	Tetanus	1 Secunde.	Grösse	der	Contractur	$11 \cdot 7$ ($^1/_{10}$ mm)
„	„	„	2 „	„	„	„	22.6 „
„	„	„	3 „	„	„	„	$34 \cdot 2$ „

Das Anwachsen der Contractur geschieht einigermaassen geradlinig; denn in dem ersten Tetanus von 1 Secunde Dauer stieg die Contractur von 0 bis $11 \cdot 7$; wollte man hiernach unter Voraussetzung eines geradlinigen Verlaufes die Contractur von dem zweiten Tetanus berechnen,

so bekäme man 2. 11·7 = 23·4 statt 22·6 nach dem Versuche; und auf dieselbe Weise die Contractur des dritten Tetanus 3. 11·7 = 35·1 statt des gefundenen Resultates 34·2, Zahlen, welche einander im Betracht der Schwierigkeiten des Versuches sehr nahe liegen.

In der Regel aber lässt sich, wie gesagt, diese Methode nicht gebrauchen, und ich versuchte dann die folgende, wie man leicht sieht, nicht absolut genaue, aber doch recht brauchbare Methode. Man bringt einen sehr langen Tetanus hervor, unterbricht aber hier und da seinen Verlauf, indem man für kurze Zeit die Reize sistirt. Die Curve bekommt dann das Aussehen, welches in Fig. 6 dargestellt ist. Der Tetanus weicht auf diese Weise nicht viel von seinem regelmässigen Gange ab, indem er nach einem für sehr kurze Zeit abgebrochenen Reize beim Wiederaufnehmen desselben binnen überraschend kurzer Zeit wieder

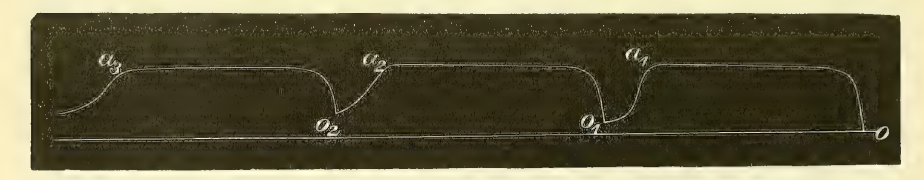


Fig. 6.

anwächst. Die kurzen Unterbrechungen, welche, wie gesagt, den Tetanus nur wenig stören, gestatten uns indessen die Grösse der Contractur nach der oben entwickelten Methoden (S. 247 ff.) zu messen. Die Contractur wird dann für jede Unterbrechung bestimmt und die Grösse derselben als Function von der ganzen Dauer des vorausgegangenen Reizes betrachtet; so wird in Fig. 6 die (aus Curve $a_1\ o_1$ berechnete) Contractur im Punkte a_1 als vom Tetanus $o\,a_1$, die Contractur im a_2 als vom Tetanus $o\,a_1 + o_1\,a_2$, die Contractur im a_3 als vom Tetanus $o\,a_1 + o_1\,a_2 + o_2\,a_3$ hervorgebracht betrachtet.

Es zeigt sich auf diese Weise empirisch, dass die Grösse der Contractur ziemlich nahe der Dauer des Tetanus proportional wächst, und somit eine geradlinige Function der Zeit ist. Ob sie indessen in der Wirklichkeit ein der geraden Linie sich sehr näherndes Stück der einen oder anderen Curve sein sollte, lässt sich natürlich auf diese Weise nicht ausmachen, auch berührt uns dieses hier sehr wenig. Zu den Versuchen müssen gute Muskeln und nicht zu übertriebene Reize angewendet werden. Sind die Reize sehr stark, so geschieht es bisweilen, dass eine starke Steigerung der Contractur plötzlich eintritt; bei der gewöhnlichen Reizstärke aber hat obenstehende Regel Gültigkeit.

Hier folgen Beispiele der Versuche über die Grösse der Contractur in

verschiedenen Punkten des Tetanus. Das erste Beispiel ist *in extenso* gegeben, und kann darum auch als weiteres Beispiel der hyperbolischen Form der Verlängerungscurve des Muskels dienen:

I. Tetanus vom curarisirten Froschgastroenemius.

Nach Verlauf von 10 Stimmgabelschwingungen geschah eine kurze Unterbrechung des Tetanus, und die Contractur wurde bestimmt.

Bestimmung der Contractur. (Die Bezeichnungen sind wie auf S. 250). Untenstehende Tabelle giebt die Messungen der Verlängerungscurve bei der Unterbrechung des Tetanus.

$$g = 152 \cdot 5.$$

Tabelle 6.

1 Abscissen-werthe in $^1/_{15}$ Secunde.	2 Ordinaten-werthe in $^1/_{10}$ mm.	2 W	4 tgd
1	82·5	0·01212	0·00728
2	103·1	0·01940	0·00746
3	111·7	0·02686	0·00747
4	116·5	0·03433	

Das Mittel von $tgd = 0 \cdot 0074$; $cot\ d = 135 \cdot 1$. Also

$$K = 152 \cdot 5 - 135 \cdot 1 = 17 \cdot 4.$$

Nach Verlauf von abermals 10 Schwingungen wurde mit der Reizung gänzlich aufgehört, und die Contractur aus der Verlängerungscurve, wie in Tabelle 7 angeführt, bestimmt.

$$g = 152 \cdot 5$$

Tabelle 7.

1 Abscissen-werthe in $^1/_{15}$ Secunde.	2 Ordinaten-werthe in $^1/_{10}$ mm.	3 W	4 tgd
1	60·5	0·01653	0·00838
2	80·3	0·02491	0·00850
3	89·8	0·03341	0·00835
5	99·8	0·05010	

Das Mittel von $tg d = 0 \cdot 00841$; $\cot d = 118 \cdot 9$. Also

$$K = 152 \cdot 5 - 118 \cdot 9 = 33 \cdot 6.$$

Der Versuch hatte somit ergeben:

bei Dauer des Tetanus von	0 Stimmgabelschwingungen	war die Contractur = 0
„ „ „ „	„ 10 „	„ „ „ = 17·4
„ „ „ „	„ 10 + 10 = 20 „	„ „ „ = 33·6

Das Anwachsen der Contractur war somit sehr nahe geradlinig.

Die folgenden Beispiele werden ganz kurz gegeben. Das Zeitmaass ist Stimmgabelschwingungen ($^1/_{30}$ Secunde).

II. Tetanus mit kurzen Unterbrechungen.

Dauer der Reizung	0	entspricht die Contractur	0
„ „ „	27·5	„ „ „	4·1
„ „ „	57·0	„ „ „	8·8
„ „ „	188·5	„ „ „	27·9

Führt man die Contracturgrösse als Ordinate in den von der Dauer des Reizes gegebenen Abscissenpunkten auf, so bekommt man sehr nahe eine gerade Linie; am leichtesten sieht man dies, indem man den Endpunkt jeder Ordinate mit dem Endpunkte der nächstfolgenden durch eine gerade Linie verbindet und die Tangente des Winkels dieser geraden Linie mit den Abscissenaxen bestimmt; sind sämmtliche Tangenten gleich gross, so liegen sämmtliche Endpunkte der Ordinate in einer geraden Linie. Man bekommt in unserem Falle die Tangente (1) $\frac{4 \cdot 1}{27 \cdot 5} = 0 \cdot 15$; (2) $\frac{8 \cdot 8 - 4 \cdot 1}{57 \cdot 0 - 27 \cdot 5} = 0 \cdot 16$; (3) $\frac{27 \cdot 9 - 8 \cdot 8}{188 \cdot 5 - 57 \cdot 0} = 0 \cdot 15$ wie man sieht, einander sehr naheliegende Werthe.

III. Tetanus mit kurzen Unterbrechungen.

Dauer der Reizung	0	entspricht die Contractur	= 0
„ „ „	41·0	„ „ „	= 15·8
„ „ „	125	„ „ „	= 51·5
„ „ „	192	„ „ „	= 76·0

Hieraus berechnet sich (1) $\frac{15 \cdot 8}{41} = 0 \cdot 39$; (2) $\frac{51 \cdot 5 - 15 \cdot 8}{125 - 41} = 0 \cdot 43$; (3) $\frac{76 \cdot 0 - 51 \cdot 5}{192 - 125} = 0 \cdot 37$; wie man sieht ist auch hier die Grösse der Contractur der Dauer des Tetanus beinahe proportional.

IV. Tetanus mit kurzen Unterbrechungen.

Dauer der Reizung 0 entspricht die Contractur = 0
„ „ „ 18 „ „ „ = 2·7
„ „ „ 37 „ „ „ = 5·6
„ „ „ 118·6 „ „ „ = 18.0

Hieraus berechnet sich: (1) $\frac{2 \cdot 7}{18} = 0 \cdot 15$; (2) $\frac{5 \cdot 6 - 2 \cdot 7}{37 - 18} = 0 \cdot 15$; (3) $\frac{18 \cdot 0 - 5 \cdot 6}{118 \cdot 6 - 37 \cdot 0} = 0 \cdot 15$. Die Punkte liegen sämmtlich in einer geraden Linie.

Nach den Resultaten obenstehender Versuche wird es uns möglich sein, für jeden einzelnen Punkt der tetanischen Curve die Grösse der Contractur zu bestimmen. Wir messen zu diesem Zwecke die ganze Dauer des Tetanus und bestimmen die Grösse der Contractur beim Ende desselben; da die Contractur von 0 aus beim Anfange der Reize continuirlich geradlinig wächst, brauchen wir dazu nur die Grösse der Contractur mit der Dauer des Tetanus (Länge der tetanischen Curve) zu dividiren; das Resultat benenne ich hier und im folgenden „Tangente der Contracturlinie." Die Contractur in jedem Punkte der Curve findet sich natürlich dann, indem man den Abscissenwerth des Punktes mit der Tangens der Contracturlinie multiplicirt. Den Theil der Höhe des Tetanus, welchen wir auf diese Weise von der Contractur herrührend finden, wollen wir „Contracturhöhe" nennen; zieht man von der totalen Höhe des Tetanus in einem Puncte die Contracturhöhe ab, so behält man ein Stück, welches nichts mit der Contractur zu schaffen hat, übrig: dies Stück wollen wir „die corrigirte Höhe" nennen.

Der Tetanus, welcher Contractur hinterlässt, besteht somit aus zwei Componenten, einer corrigirten und einer Contracturhöhe; soll ein Tetanus ohne Contractur mit einem Tetanus, welcher von einer solchen begleitet ist, verglichen werden, so ist es natürlich die corrigirte Höhe des letztgenannten, welche mit der ganzen Höhe des ohne Contractur verlaufenden Tetanus verglichen werden soll. Um unseren ursprünglichen Zweck zu erreichen, welcher in der Möglichkeit alle Tetani in unserem Versuche zu vergleichen bestand, gilt es nun die gesetzmässige Abhängigkeit der corrigirten Höhe von den Irritationen zu finden.

Wie sogleich durch Beispiele gezeigt werden soll, findet sich nun empirisch folgendes: Die Endpunkte der, als Ordinaten aufgetragenen „corrigirten Höhen" liegen in einer zu den Asymptoten als Axen hingeführten gleichseitigen Hyperbel; mit anderen Worten: Der Theil des Tetanus, welcher nicht von der Contractur her-

rührt, ist in der Form mit dem ganzen „Tetanus ohne Contractur“ völlig identisch.

In den folgenden Beispielen wollen wir so verfahren, dass wir für einen Tetanus zuerst (in der ersten Rubrik, Tabelle 8) die Abscissenwerthe aufführen, in der zweiten Rubrik finden sich die entsprechenden, direct gemessenen Höhen der tetanischen Zusammenziehung; die dritte Rubrik enthält für jeden Abscissenwerth die Grösse der Contractur aus der „Tangente der Contracturlinie“ berechnet; in der vierten Rubrik wird die Differenz zwischen direct beobachteter Höhe (Rubrik 2) und Contracturhöhe (Rubrik 3) aufgeführt; diese Differenz haben wir oben mit dem Namen corrigirter Höhe belegt.

Mit dieser corrrigirten Höhe wird nun ganz auf dieselbe Weise wie beim Beweis füs die hyperbolische Form der Tetanuscurve verfahren (s. oben S. 241); also werden zuerst die Verhältnisse zwischen Abscissen und corrigirten Höhen berechnet und in der fünften Rubrik (m überschrieben) aufgeführt; wir denken uns diese als Ordinaten in den entsprechenden Abscissenpunkten angebracht; es zeigt sich, dass die Endpunkte dieser Ordinaten in einer geraden Linie liegen. Berechnet man nämlich die Tangenten der Winkel, welche die Verbindungslinien zwischen je zwei dieser Ordinatenpunkte mit der Abscissenaxe bilden, so sind sie sämmtlich gleich gross. — Diese Tangenten sind in der sechsten Rubrik $tg\,v$ aufgeführt. Die siebente Rubrik enthält das Stück (k), welches die Linie von der Ordinatenaxe abschneidet aus jedem Punkte berechnet. Die „Tangens der Contracturlinie“ war gleich 0·09. Es heisst: die Contractur stieg für jede Stimmgabelschwingung ($^1/_{30}$ Sec.) 0·09 Zehntel^{mm}. Anzahl der Irritationen in einer Sec. = 38·6.

Tabelle 8.

1 Anzahl der Stimmgabelschwingungen ($^1/_{30}$ Sec.) vom Anfange der Reizung.	2 Höhe der Ordinaten in $^1/_{10}$ mm.	3 Contracturhöhe $^1/_{10}$ mm.	4 Corrigirte Höhe $^1/_{10}$ mm.	5 m	6 tgv	7 k
25	159·0	2·3	156·7	0·1595	0·0057	0·019
35	165·1	3·2	161·9	0·2162	0·0056	0·020
45	169·4	4·1	165·3	0·2722	0·0056	0·019
55	172·8	5·0	167·8	0·3278	0·0057	0·019
65	175·0	5·9	169·1	0·3844	0.0056	0·019
75	177·0	6·8	170·2	0·4407	0·0056	0·019
85	179.0	7·7	171·3	0·4962	0·0056	0·019
95	180·5	8·6	171·9	0·5526	0·0056	0·019
105	182·0	9·5	172·5	0·6087		0·019
115	182·9	10·4	172·5			

Die Tangenten sind im obenstehenden Beispiele überraschend gleich gross, die Curve „der corrigirten Höhen“ folglich eine zu den Asymptoten hingeführte, gleichseitige Hyperbel. Man bemerkt in unserem Falle, dass von der 105ten Stimmgabelschwingung ab die corrigirten Höhen wegen Ermüdung sich gleich gross halten, während der totale Tetanus in Folge des fortgesetzten Anwachsens der Contractur sich weiter steigert, ein bei vielen Versuchen über Muskelarbeit wohl zu beachtendes Verhältniss; in dem folgenden Beispiel wird man sehen, dass die corrigirte Höhe sogar zu sinken anfängt, während der Tetanus im Ganzen mit Hülfe der Contractur anwächst. Wie dies sich in jedem speciellen Falle verhält, ist natürlich vom Verhältnisse zwischen Ermüdung und Contracturzuwachs abhängig.

II. Die Bezeichnungen sind wie im vorigen Beispiel. Anzahl der Irritationen in der Sec. = 39·3. Die Tangens der Contracturlinie = 0·19.

Tabelle 9.

1 Anzahl der Stimmgabel-schwingungen ($^1/_{30}$ Sec.) vom Anfange der Reizung.	2 Höhe der Ordinaten in $^1/_{10}$ mm.	3 Contractur-höhe $^1/_{10}$ mm.	4 Corrigirte Höhe $^1/_{10}$ mm.	5 *m*	6 *tgv*	7 *k*
20	173·0	3·8	169·2	0·1182	0·0052	0·014
30	181·8	5·7	176·1	0·1704	0·0051	0·014
40	188·0	7·6	180·4	0·2217	0·0052	0·013
60	196·0	11·4	184·6	0·3250	0·0052	0·012
80	201·0	15·2	185·8	0·4306	0·0052	0·014
100	205·5	19·0	186·5	0·5362		0·015
120	209·0	22·8	186·2			
140	212·1	26·6	185·5			
160	214·0	30·4	183·6			

Ich füge noch ein drittes Beispiel hinzu.

III. Anzahl der Irritationen = 27·5.

Tangens der Contracturlinie = 0·318.

Tabelle 10.

1 Anzahl der Stimmgabel-schwingungen ($^1/_{30}$ Sec.) vom Anfange der Reizung.	2 Höhe der Ordinaten in $^1/_{10}$ mm.	3 Contractur-höhe $^1/_{10}$ mm.	4 Corrigirte Höhe $^1/_{10}$ mm.	5 m	6 tgv	7 k
15	163·0	4·8	158·2	0·0948	0.0049	0·022
25	181·5	8·0	173·5	0·1441	0·0048	0·023
35	193·2	11·1	182·1	0·1921	0·0046	0·023
45	203·0	14·3	188·7	0·2385	0·0049	0·021
55	209·0	17·5	191·5	0·2872	0·0049	0·022
65	214·0	20·7	193·3	0.3363	0·0048	0·022
75	219·0	23·9	195·1	0·3844		0·022

Das erste dieser Beispiele ist in der nachstehenden Figur abgebildet Eine Erklärung der Bezeichnungen ist der Figur beigefügt.

Dem obenstehenden Beispiel könnten noch viele hinzugefügt werden, überall zeigt sich dieselbe Regel. Folglich können wir als Resultat feststellen, dass der mit der Contractur verlaufende Tetanus aus zwei Theilen zusammengesetzt betrachtet werden darf, nämlich aus einer geradlinig verlaufenden „Contracturhöhe“, und einer hyperbolisch verlaufenden „corrigirten Höhe;“ die letztere ist dem totalen contracturfreien Tetanus völlig analog.

Wenn wir den Einfluss der Frequenz und der Stärke der Irritationen auf den Tetanus behandeln sollen, machen wir von dieser Beobachtung Gebrauch, indem wir bei den Tetanis nur die corrigirten Höhen vergleichen.

Bevor wir hierzu übergehen, will ich einige Phaenomene, welche mit der Contractur enger oder weiter verbunden sind, kurz erwähnen. Erstens, dass bei verschiedenen Tetanis desselben Muskels die Contractur, alles übrigens gleich, mit der Stärke der Iritationen wächst; und dass bei verschiedenen Muskeln, alles übrige gleich, die schwächsten am leichtesten und stärksten in Contractur verfallen.

Zweitens will ich hier erwähnen, dass ich in Uebereinstimmung mit dem Fund von Kronecker, überall das etwas überraschende Phaenomen gesehen habe, dass die höchsten Tetani diejenigen sind, welche am spätesten gegen die Abscisse zu sinken anfangen; ich gebe keine Beispiele, da die Regeln auch mit den gewöhnlicheren Apparaten ganz leicht zu demonstriren

sind. Zum Theil erklärt sich gewiss diese Erscheinung dadurch, dass die Contractur bei den hohen Tetanis am grössten ist, und dass die Contractur lange Zeit hindurch sich steigern kann, nachdem die eigentliche tetanische Curve (Curve der corrigirten Höhe) zu sinken angefangen hat; dies geht mit Evidenz aus dem eben erwähnten Beispiel (II., S. 257) hervor, ohne dass ich doch bezweifeln will, dass die hohen Tetani an und für sich, wenn auch keine Contractur auftritt, weniger leicht ermüden: dies zu entscheiden war ich bei meinen Versuchen nicht im Stande. Während von der Ermüdung die Rede ist, will ich nur erwähnen, dass ich, ebenfalls in Uebereinstimmung mit dem, was Kronecker zuerst gezeigt hat, gefunden habe, dass, alles übrige gleich, eine Steigerung der Frequenz der Irritationen eine schnellere Ermüdung herbeiführt. Endlich möchte ich hier eine kurze Erwähnung der schon früher bekannten „Nachwirkung“ des Tetanus thun; diese Nachwirkung besteht darin, dass ein und derselbe Reiz nach dem Tetanus eine grössere Wirkung hervorruft als vor demselben. Die Hauptregel dieser Nachwirkung, welche übrigens eine ganz constante und ein von dem Auftreten einer Contractur nach dem Tetanus völlig unabhängiges Phaenomen ist, gedenke ich in einem späteren Aufsatz zu veröffentlichen; hier möchte ich nur die Aufmerksamkeit darauf leiten, dass bei Versuchen über die Abhängigkeit der mechanischen Leistungen des Muskels vom Irritament sorgfältig darauf geachtet werden muss, dass der Muskel sich nicht im Zustande der Nachwirkung befindet; es ist darum zweckmässig bei mässigen Tetanis immer $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde zwischen je zwei Tetanis zu warten; dies ist dann auch bei unseren Versuchen geschehen. Bei maximalen Reizungen ist bisweilen selbst diese Zeit lange nicht hinlänglich um die Nach-

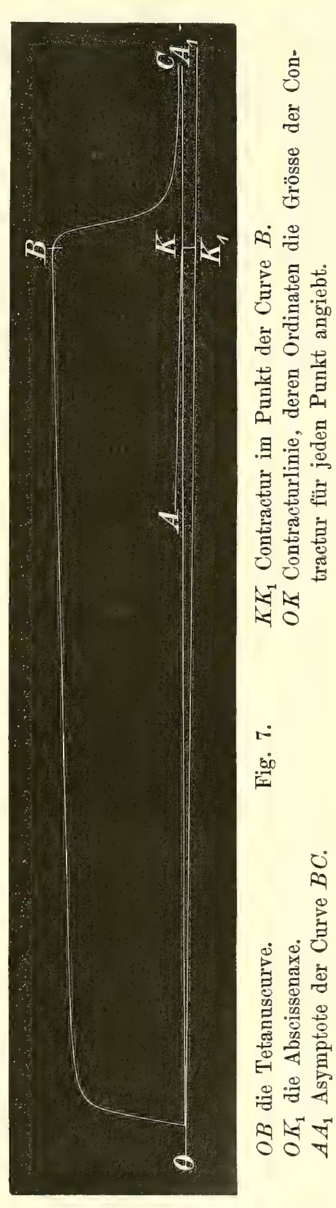


Fig. 7. OB die Tetanuscurve. OK_1 die Abscissenaxe. AA_1 Asymptote der Curve BC. KK_1 Contractur im Punkt der Curve B. OK Contracturlinie, deren Ordinaten die Grösse der Contractur für jeden Punkt angiebt.

wirkung abklingen zu lassen, und es empfiehlt sich darum in solchen Fällen experimentell zu constatiren, dass keine Nachwirkung stattfindet, bevor man den Versuch weiter führt. Die Vernachlässigung dieser Vorsicht kann zu den grössten Irrthümern führen.

Nach diesen Bemerkungen kehren wir wieder zu dem ursprünglichen Thema zurück, indem wir in dem nächsten Abschnitte die Abhängigkeit der Constanten der tetanischen Curve (*k* und *tgv*, s. S. 241) von den Variationen des Reizes zu erforschen suchen. Zuerst wollen wir den Einfluss der Frequenz der Irritationen behandeln.

---

4. Abschnitt.

Abhängigkeit der tetanischen Curve von der Frequenz der tetanisirenden Irritationen.

Wenn der Charakter des tetanisirenden Irritaments als gleich grosser, mit gleichem Intervalle auf einander folgender einzelner Irritationen aufrechtgehalten wird, so zerfallen die möglichen Variationen des Irritaments in zwei Hauptgruppen: 1) Veränderung der Stärke der einzelnen Irritation mit Beibehaltung desselben Intervalles, und 2) Veränderung des Intervalles, während die einzelne Irritation unverändert bleibt; wie im I. Abschnitt dargestellt worden ist, erlaubt die Construction des Apparates eine wirklich strenge Trennung des Irritaments in diese zwei Hauptgruppen, deren letztere uns in diesem Abschnitte beschäftigen soll.

Bei den Vorversuchen über die Wirkung des Intervalles zeigte sich nun bald, dass, wenn das Intervall überhaupt einen Einfluss auf die grösste Höhe, welche der Tetanus erreichte, ausübte, dieser Einfluss jedenfalls sehr gering sein musste. Obschon nun die Versuche, wo die grössten Höhen des Tetanus als Maass gebraucht werden, wie oben entwickelt nicht eben als sehr genau bezeichnet werden können, und obschon ich vielmehr Gewicht auf die später in diesem Abschnitte mitzutheilenden Versuche lege, Versuche, wo der Einfluss der Frequenzänderung auf die Constanten *k* und *tgv* der Tetanuscurve bestimmt wird, so theile ich doch hier auch die Versuche über die Wirkung der Frequenz auf „die grösste Höhe“ des Tetauus mit; solche Versuche können doch zu ungefähren Resultaten führen, wenn man immer zurückgehende Controlversuche macht und das Mittel zwischen zwei solchen Versuchen anwendet; in dieser Hinsicht verweise ich auf die Anmerkung S. 246, und bemerke, dass was daselbst von der Ermüdung gesagt ist, auch auf die Contractur sich anwenden lässt. Man muss sich aber erinnern, dass solche Versuche nur Andeutungen des Sachverhaltes liefern, und nie als entscheidende betrachtet werden dürfen.

Bei diesen einleitenden Versuchen fand ich unter Beachtung sämmtlicher Beobachtungen, dass die Vergrösserung der Frequenz der Irritationen keinen deutlichen Einfluss auf die grösste Höhe des Tetanus ausübte. Die Versuche sind in untenstehender Tabelle zusammengestellt. Sie stammen von 11 Muskeln her, zwei Muskel waren nicht curarisirt und wurden vom Nervus ischiadicus aus gereizt; bei jedem Versuche ist angegeben: Anzahl der Irritationen in der Secunde; Grösse der Einzelzuckung, grösste Höhe des Tetanus und endlich Verhältniss zwischen Höhe des Tetanus und Höhe der Einzelzuckung; unter den Tetanis sind sowohl kleine als maximale vertreten. Im Ganzen wird man den eben ausgesprochenen Satz über Einfluss der Frequenz bestätigt finden.

Tabelle 11.[1]

Versuchs-nummer.	Anzahl der Irritationen in einer Secunde.	Grösse der Einzelzuckung in Millimetern.	Grösste Höhe des Tetanus in Millimetern.	Verhältniss zwischen der Höhe des Tetanus und der der Einzelzuckung.	Anmerkungen.
1	13·8	4·20	12·65	3·012	Mittel zwischen Versuch und Controlversuch.
	20·3	4·20	13·40	3·190	M.
	66·5	4·33	12·50	2·890	M.
2	17·1	2·88	12·25	4·254	M.
	28·7	2·75	13·70	4.982	M.
3	44·4	3·35	15·10	4·508	
	75·3	3·00	15·70	5·233	
4	17·4	8·85	22·6	2·554	M.
	48·6	9.10	23·2	2·578	
	91·9	9·00	24·2	2·689	
5	20·5	6·21	18·3	2·957	M.
	64·5	6·45	18·9	2·930	

[1] Die Nummern 1 bis 19 dieser Tabelle sind von curarisirten blutdurchströmten Froschmuskeln. Nummer 20 bis 23 von blutdurchströmten Mm. gastrocnemii des Frosches, von N. ischiadicus aus gereizt. Wo ein „Resultat als Mittel von zwei Versuchen“ in der Tabelle angeführt sich findet, ist immer das Mittel zwischen einem ersten und darauf folgenden Controlversuchen gemeint.

(Tabelle 11. Fortsetzung.)

Versuchs-nummer.	Anzahl der Irritationen in einer Secunde.	Grösse der Einzel zuckung in Millimetern.	Grösste Höhe des Tetanus in Millimetern.	Verhältniss zwischen der Höhe des Tetanus und der der Einzel-zuckung.	Anmerkungen.
6	20.5	11·76	32·20	2·738	Mittel zwischen Versuch und Controlversuch.
	64·7	11·10	30·40	2·739	
7	19·7	13·7	37·8	2·759	M.
	64·2	13·7	37·8	2·759	
8	20·9	1·47	21·05	14·32	M.
	66·0	1·38	24·70	17·899	
9	20·2	9·40	29·35	3·122	M.
	64·0	9·80	31·1	3·173	
10	19.4	15·4	56·9	3·695	M.
	64·5	15·4	58·7	3·812	
11	20·6	1·71	8·40	4·912	M.
	67·0	1·85	11·10	6·000	
12	20·4	7·28	19·25	2·644	M.
	66·0	6·90	19·20	2·783	
13	21·4	10·12	29·05	2·871	M.
	64·5	10·12	25·10	2·480	
14	20·4	2·40	23·4	9·750	M.
	83·9	2·55	26·3	10·314	
15	19·9	9·30	45·5	4·892	M.
	84·7	9·35	45·0	4·813	
16	15·0	5·7	33·2	5·825	M.
	60·0	6·5	33·1	5·092	
17	16·4	2·7	19·24	7·126	
	65·6	2·6	19·06	7·332	
18	17·4	4·37	17·2	3·936	M.
	69·7	4·80	20·0	4·166	

(Tabelle 11. Fortsetzung.)

Versuchsnummer.	Anzahl der Irritationen in einer Secunde.	Grösse der Einzelzuckung in Millimetern	Grösste Höhe des Tetanus in Millimetern.	Verhältniss zwischen der Höhe des Tetanus und der der Einzelzuckung.	Anmerkungen.
19	73·5	4·85	18·8	3·876	Mittel zwischen Versuch und Controlversuch.
	18·4	4·65	19·1	4·108	
20	21·7	9·86	26·2	2·658	M.
	93·9	10·25	26·2	2·556	
21	92·9	6·85	20·2	2·949	
	16·6	6·80	21·0	3·088	
22	16·0	6·70	24·7	3·686	M.
	75·8	7·1	26·6	3·746	
23	15·0	10·0	38·9	3·890	
	73·2	11·0	42·4	3·855	

Genauere Auskunft über Einfluss der Frequenz auf den Tetanus giebt, wie oben gesagt die Bestimmung der Aenderung der Constanten der Curve bei Reizvariationen.

Die Berechnung der Constanten geschieht nach in dem vorigen Abschnitte entwickelten Methoden; für Contractur ist immer corrigirt, und die Ermüdung ist so weit wie möglich dadurch eliminirt, dass die tetanischen Curven von nur geringer Dauer gemacht sind, ohne dass dadurch die Berechnungen beeinträchtigt werden.

Untenstehend finden sich nun solche Versuche angeführt, sie umfassen 21 Curven in 9 Versuche geordnet. Die genauen Details sowohl der Messungen als der Berechnung finden sich nach den beigefügten Nummern sämmtlich im ersten Anhange, wohin ich verweise.

Innerhalb jeden Versuches sind die Einzelzuckungen überall gleich gross. Weiter sind für jeden Versuch die Curvennummern chronologisch geordnet; aus der Curvennummer geht somit hervor, welcher Tetanus in einem Versuche zuerst gemacht ist, welcher zuletzt. Der Buchstabe „A“ bedeutet überall hier die Anzahl der Irritationen in einer Secunde; *tgv* und *k* haben dieselbe Bedeutung, wie überall in dieser Abhandlung.

Versuch I.

Curve 1	$A = 16$	$tgv = 0 \cdot 00518$	$k = 0 \cdot 1223.$
Curve 2	$A = 64$	$tgv = 0 \cdot 00549$	$k = 0 \cdot 0371.$

Versuch II.

Curve 3	$A = 34 \cdot 8$	$tgv = 0 \cdot 00449$	$k = 0 \cdot 0218.$
Curve 4	$A = 60 \cdot 8$	$tgv = 0 \cdot 00440$	$k = 0 \cdot 0094.$

Versuch III.

Mittel von Curve 5 und 7	$A = 29 \cdot 9$	$tgv = 0 \cdot 0075$	$k = 0.0245.$
Curve 6	$A = 59 \cdot 2$	$tgv = 0 \cdot 0069$	$k = 0 \cdot 0041.$

Versuch IV.

Mittel von Curve 8 und 10	$A = 31 \cdot 2$	$tgv = 0 \cdot 0062$	$k = 0 \cdot 0193.$
Curve 9	$A = 64 \cdot 3$	$tgv = 0 \cdot 0060$	$k = 0 \cdot 0041.$

Versuch V.

Curve 12	$A = 39 \cdot 3$	$tgv = 0 \cdot 0052$	$k = 0 \cdot 0138.$
Curve 11	$A = 68 \cdot 0$	$tgv = 0 \cdot 0049$	$k = 0 \cdot 0054.$

Versuch VI.

Mittel von Curve 13 und 15	$A = 38 \cdot 9$	$tgv = 0 \cdot 00572$	$k = 0 \cdot 0191.$
Curve 14	$A = 67 \cdot 5$	$tgv = 0 \cdot 00553$	$k = 0 \cdot 0069.$

Versuch VII.

Curve 17	$A = 18$	$tgv = 0 \cdot 00293$	$k = 0 \cdot 0517.$
Curve 16	$A = 72$	$tgv = 0 \cdot 00302$	$k = 0 \cdot 0051.$

Versuch VIII.

Curve 19	$A = 19 \cdot 5$	$tgv = 0 \cdot 00213$	$k = 0 \cdot 0459.$
Curve 18	$A = 84 \cdot 7$	$tgv = 0 \cdot 00210$	$k = 0 \cdot 0120.$

Versuch IX.

Curve 21	$A = 19 \cdot 5$	$tgv = 0 \cdot 00189$	$k = 0 \cdot 0271.$
Curve 20	$A = 64 \cdot 5$	$tgv = 0 \cdot 00187$	$k = 0 \cdot 0036.$

Auf der dieser Abhandlung beigefügten Curventafel finden sich abgebildet Curve Nr. 8, 9, 10 und Nr. 18, 19.

Die Versuche fordern bisweilen nicht unerhebliche Berechnung, erstens müssen die Constanten für jeden gemessenen Punkt der Curve berechnet werden und Mittel genommen, zweitens muss häufig der Einfluss der Contractur corrigirt werden. Nimmt man die hierdurch und durch die Versuchsanordnung veranlassten kleinen Fehler in Betracht, so scheint es mir, dass man obenstehende Versuchsresultate wie folgt zusammensetzen darf.

Veränderung der Frequenz der Irritationen hat keinen Einfluss auf die Grösse der Constante tgv der tetanischen Curve; die Abweichungen von dieser Regel in den einzelnen Versuchen sind nämlich klein und gehen in verschiedene Richtung.

Die Grösse tgv ist aber der reciproke Werth des Abstands der Asymptote der tetanischen Curve von der Abscissenaxe, oder der reciproke Werth des Grenzwerths des Tetanus, wie im II. Abschnitte entwickelt ist, folglich kann der Satz auch so formulirt werden:

Die Grösse des Intervalles zwischen je zwei der tetanisirenden Irritationen hat keinen Einfluss auf den Grenzwerth gegen welchen der Tetanus strebt.

Dagegen geht aus den Versuchen deutlich hervor, dass die Constante k mit der Frequenz der Irritationen variirt, indem sie mit steigender Frequenz abnimmt; da die Grösse $cot\, v$ constant bleibt, wird man einsehen, dass k die Lage der zweiten Asymptote bestimmt, welche ja in dem Abstande $-k\, cot\, v$ von Nullpunkt der Curve liegt (s. II. Abschnitt, Fig. 2); wenn k abnimmt, rückt daher die Asymptote näher gegen den Anfangspunkt des Tetanus, also: die tetanische Curve steigt bei Vergrösserung der Frequenz der Irritationen jäher empor, obschon sie, wie gesagt, gegen dieselbe Grenze strebt wie bei geringer Frequenz; dies schroffere Ansteigen der Curve fällt sehr in die Augen und hat darum auch früher immer die ganze Aufmerksamkeit auf sich gelenkt.

Um zu recapituliren sind also bei zwei Tetanis, wo, alles übrige gleich, die Frequenz der Einzelreizungen verschieden ist, die Verhältnisse folgende:

Die Tetanuscurve, welche mit der grösseren Frequenz hervorgebracht ist, steigt schroffer als die bei geringer Frequenz der Irritationen gezeichnete Curve, und die Ordinaten erstgenannter sind für jeden endlichen Abscissenwerth höher als die entsprechenden Ordinaten der letzteren. Sie nähern sich aber demselben Grenzwerth, und da sie beide ziemlich schnell der Grenze sehr nahe kommen, werden die Unterschiede in der grössten Höhe, welche sie erreichen, bevor die Ermüdung eintritt, höchst unbedeutend, zumal da bei der tetanischen Curve mit grosser Frequenz die Ermüdung sich früher

einfindet. Daher erklärt sich das aus Tabelle 11 hervorgehende Resultat, dass die grösste Höhe des Tetanus von der Frequenz der Irritationen nicht deutlich und in keiner bestimmten Richtung beeinflusst wird.

Anzugeben wäre noch, die bestimmte Function, nach welcher die Constante k von dem Intervalle der Irritationen abhängt. Die vorliegenden Versuche reichen hierzu nicht aus, ich muss mich einstweilen auf die Angabe der eben erwähnten allgemeinen Abhängigkeit der Constante k von der Frequenz beschränken.

---

5. Abschnitt.

Abhängigkeit der tetanischen Curve von der Stärke der einzelnen Irritation.

Um den Einfluss, welchen die Variation der Irritationsstärke auf den Tetanus ausübt, zu bestimmen, wollen wir ganz denselben Weg wie im vorigen Abschnitte einschlagen; ich übergehe jedoch in diesem Abschnitte die detaillirten Angaben über das Resultat der vorläufigen Versuche, in welchen die grösste erreichte Höhe des Tetanus als Maass gebraucht wurde. Sie gaben nämlich im Wesentlichen nur das, wohl von Niemandem bezweifelte Resultat, dass die grösste Höhe des Tetanus bis zu einer gewissen Grenze mit der Stärke der einzelnen Irritation steigt. Das Verhältniss zwischen Höhe des Tetanus und Grösse der Einzelzuckung ist am grössten bei den allerkleinsten Einzelzuckungen, wo ich es bis zu über $\frac{100}{1}$ gesehen habe, das Verhältniss wird mit dem Wachsen der Einzelzuckung schnell niedriger und bei den mässigen und grossen Einzelzuckungen ist es fast durchgehend etwa $= \frac{3}{1}$. Ich möchte noch Folgendes in Betreff der „übermaximalen“ Reizungen hinzufügen. Wenn man die Stromstärke *gradatim* verstärkt bis die Einzelzuckungen eben maximal geworden sind, entspricht hierzu ein Tetanus von gewisser Höhe; wenn man dann die Stromstärke bedeutend weiter erhöht, steigt bekanntlich die Grösse der Einzelzuckung nicht, wohl aber die Grösse des Tetanus. Einzelzuckungen von ein und derselben Grösse können somit, wenn sie maximal sind, Tetani von verschiedener Höhe entsprechen. Dies Phaenomen ist auf die Einwirkung der Contractur zurückzuführen; die Contractur entwickelt sich nämlich sehr stark bei übermaximalen Reizungen, und bewirkt daher dass die Tetani bedeutend an Höhe zunehmen.

Als Maass für die Stärke der Irritation habe ich die Grösse der Einzelzuckung benutzt; diese ist aber gewiss kein proportionales Maass der Stärke. Die Intensität des Inductionsstromes ist aber in

unseren Versuchen, wo eine Veränderung der Intensität durch Verändern des gegenseitigen Abstandes der Inductionsrollen geschieht, auch kein proportionales Maass der wirklichen Irritationsstärke. Aus diesen Umständen geht hervor, dass wir hier überhaupt nicht darnach streben können zu finden, welche bestimmte Function Form und Grösse des Tetanus von der Irritationsstärke sind; wir müssen uns vielmehr damit begnügen zu suchen, wie im Allgemeinen die Constanten der tetanischen Curve sich verhalten, wenn die Irritationsstärke steigt und fällt. Um aber das Ansteigen oder Sinken der Irritationsstärke wahrzunehmen, ist die Grösse der Einzelzuckung ein völlig brauchbares Kriterium, wenn man nur genau auf das im Schlusse des 3. Abschnittes kurz erwähnte Verhältniss achtet, so dass man nicht Einzelzuckung des Muskels im gewöhnlichen Zustande mit Einzelzuckung im Stadium der Nachwirkung komparirt (siehe S. 259).

Indem wir nach diesen Bemerkungen zu den Bestimmungen der Aenderung der Constanten der tetanischen Curve (tgv und k) durch Variation der Irritationsstärke übergehen, stelle ich eine Reihe von Experimenten voran. Die Experimente umfassen 18 Curven aus 7 Versuchen. Sämmtliche Details sind nach den beigefügten Curvennummern im 1. Anhang zu finden. In der untenstehenden tabellarischen Zusammenstellung bedeutet E Grösse der Einzelzuckung; A Anzahl der Irritationen in einer Secunde; tgv und k haben dieselbe Bedeutung wie überall in dieser Abhandlung.

Versuch I.

Curve 22	$E = 4 \cdot 0$	$A = 27 \cdot 0$	$tgv = 0 \cdot 0070$	$k = 0 \cdot 024.$
Curve 23	$E = 33 \cdot 1$	$A = 27 \cdot 0$	$tgv = 0 \cdot 0058$	$k = 0 \cdot 030.$
Curve 24	$E = 63 \cdot 7$	$A = 27 \cdot 5$	$tgv = 0 \cdot 0048$	$k = 0.022.$

Versuch II.

Curve 25	$E = 34$	$A = 33 \cdot 8$	$tgv = 0 \cdot 0054$	$k = 0 \cdot 017$
Curve 26	$E = 52$	$A = 34 \cdot 8$	$tgv = 0 \cdot 0045$	$k = 0 \cdot 018$

Versuch III.

Curve 27	$E = 30 \cdot 5$	$A = 16 \cdot 1$	$tgv = 0 \cdot 0060$	$k = 0 \cdot 057$
Curve 28	$E = 53 \cdot 0$	$A = 16 \cdot 1$	$tgv = 0 \cdot 0042$	$k = 0 \cdot 060$

Versuch IV.

Curve 29	$E = 45$	$A = 40 \cdot 0$	$tgv = 0 \cdot 0054$	$k = 0 \cdot 016$
Curve 30	$E = 55$	$A = 41 \cdot 5$	$tgv = 0.0044$	$k = 0 \cdot 021$

Versuch V.

Curve 31	$E = 29$	$A = 36$	$tgv = 0 \cdot 0065$	$k = 0 \cdot 025$
Curve 32	$E = 52$	$A = 36$	$tgv = 0 \cdot 0058$	$k = 0 \cdot 022$

Versuch VI.

Curve 33	$E = 17$	$A = 33 \cdot 8$	$tgv = 0 \cdot 0076$	$k = 0 \cdot 027$
Curve 34	$E = 32$	$A = 32 \cdot 7$	$tgv = 0 \cdot 0072$	$k = 0 \cdot 021$

Versuch VII.

Curve 35	$E = 16 \cdot 1$	$A = 39 \cdot 3$	$tgv = 0 \cdot 0074$	$k = 0 \cdot 021$
Curve 36	$E = 32 \cdot 3$	$A = 39 \cdot 3$	$tgv = 0 \cdot 0063$	$k = 0 \cdot 022$
Curve 37	$E = 36 \cdot 2$	$A = 38 \cdot 6$	$tgv = 0 \cdot 0056$	$k = 0 \cdot 019$
Curve 38	$E = 47 \cdot 7$	$A = 39 \cdot 3$	$tgv = 0 \cdot 0052$	$k = 0 \cdot 021$
Curve 39	$E = 58 \cdot 5$	$A = 39 \cdot 3$	$tgv = 0 \cdot 0049$	$k = 0 \cdot 021$

Auf der Curventafel findet sich abgebildet Nr. 35, 36 und 39. Nr. 37 ist in der Figur 7 des Textes abgebildet.

Das Resultat der Versuche ist, dass beim Steigen der Irritationsstärke die Constante tgv abnimmt, die Constante k ungefähr unverändert bleibt; in Betracht, dass die Fehler in der Bestimmung von tgv auf k zurückwirken, und dass mit den kleinsten Aenderungen in der vor dem Tetanus stattfindenden Gleichgewichtslage k ebenfalls ein weniges variirt, wage ich kein Gewicht auf die kleinen Variationen der Constante k zu legen. Für die kleinen Aenderungen der Gleichgewichtslage kann natürlich corrigirt werden; hierdurch findet man durchgehend die Abweichung von der eben genannten Regel vermindert; da indessen die Verbesserungen nur klein sind, so habe ich die Correction in obenstehender Zusammenstellung, nicht eingeführt, um die Sache nicht mehr als nöthig zu compliciren. Wie die Zahlen jetzt stehen, muss jedenfalls eingeräumt werden, dass wenn auch möglicherweise eine kleine Aenderung der Constante k mit im Spiele sein sollte, diese jedenfalls sehr gering ist, und im Vergleich mit den Aenderungen, welche k bei Variation des Intervalles erfährt, beinahe verschwindend sind.

Die Regel kann dann auch so formulirt werden,

Wenn bei gleichbleibendem Intervalle zwischen den tetanischen Irritationen, die Stärke der einzelnen Irritation wächst, so wächst hiermit der Grenzwerth, gegen welchen der Tetanus strebt; die Constante k dagegen bleibt dabei wesentlich unverändert.

Ich möchte noch ein paar Worte über die ganz minimalen, continuirlichen Tetani hinzufügen; diese bieten dieselbe hyperbolische Form dar, wie die übrigen Tetani, aber sie zeigen, wenn sie mit den etwas grösseren Tetanis von derselben Frequenz verglichen werden, insofern ein von der Regel abweichendes Verhältniss, als die Constante k bei den minimalen Tetanis grösser ist; dies ist aber nur bei den völlig minimalen Tetanis der Fall; sobald sie nur ein wenig darüber hinauswachsen, verhalten sie sich wie oben dargestellt. Seitdem v. Kries zur Evidenz gezeigt hat, dass bei der minimalen Irritation nur der, der Kathode naheliegende Theil des Muskels sich contrahirt, während der übrige Theil sich ruhig verhält, scheint mir die Erklärung dieser Thatsache nicht schwierig.

Die Bewegungen welche von den ganz minimalen Irritationen aufgeschrieben werden, gehören nur einem Theil des Muskels; dieser verhält sich also in diesem Falle, als ob er kürzer wäre; hierdurch wächst die Constante k.

Auf welche Weise die, von Contractur und Ermüdung nicht beeinflusste Tetanuscurve als Function der tetanisirenden Irritationen ausgedrückt werden kann, ist somit in den Hauptzügen entwickelt; wie schon im Anfange gesagt, enthalte ich mich in diesem Aufsatze jeder theoretischen Folgerung, welche aus den mitgetheilten Facta vielleicht gezogen werden könnte.

Zum Schlusse sei es mir erlaubt meinem hochverehrten Lehrer, Prof. C. Ludwig, meinen innigsten Dank auszusprechen für die Anleitung und Unterstützung, welche er mir während meines Aufenthaltes in dem physiologischen Institut in Leipzig in so reichlichem Maasse hat zu Theil werden lassen.

Erster Anhang.

Umstehend finden sich die Details der Messungen und Berechnungen der im 4. und 5. Abschnitte angeführten Tetanuscurven.

Die römischen Zahlen sind die in der Abhandlung gebrauchten Versuchsnummern; *F* bedeutet Frequenzversuch, *S* bedeutet Versuch über Einfluss der Stärke der Irritation. Die den einzelnen Curven angefügten Nummern entsprechen den in der Abhandlung angewandten Curvennumern; *E* bedeutet Grösse der Einzelzuckung; *Anz.* bedeutet Anzahl der Irritationen in einer Secunde.

In den Columnen der Tabellen bedeuten die Ueberschriften:

A Abscissen der tetanischen Curve in $^1/_{30}$ Secunde (eine Stimmgabelschwingung) als Einheit; *Ord.* Ordinaten der tetanischen Curve in $0 \cdot 1^{mm}$ als Einheit; *K* Contracturhöhe (Definition S. 255) in $0 \cdot 1^{mm}$; *H* corrigirte Höhe (Definition S. 254) in $0 \cdot 1^{mm}$; *m.* Verhältniss zwischen Abscissen und Ordinaten der contracturfreien Tetanuscurve; *tgv* und *k* sind die Constanten der Tetanuscurve, (wie im 2. Abschnitte entwickelt) *Tg. K.*-linie bedeutet Tangens der Contracturlinie (Definition S. 255).

F. I.

Curve 1. *Anz.* = 16·0 *Tg. K.*-linie = 0·083.

A	*Ord.*	*K*	*H*	*m*	*tgv*	*k*
50·6	135·9	4·2	131·7	0·3842	0·00527	0·1221
67·5	148·2	5·6	142·6	0·4733	0·00507	0·1237
84·4	158·0	7·0	151·0	0·5589	0·00521	0·1217
101·3	165·0	8·4	156·6	0·6469	0·00511	0·1222
118·2	171·0	9·8	161·2	0·7333	0·00523	0·1210
135·0	176·0	11·2	164·8	0·8217	0·00520	0·1224
168·8	183·2	14·0	169·2	0·9976		0·1232

Mittel von *tgv* = 0·00518 *cotv* = 193·1
Mittel von *k* = 0·1223.

Curve 2. *Anz.* = 64·0 *Tg. K*-linie = 0·119.

A	*Ord.*	*K*	*H*	*m*	*tgv*	*k*
33·8	156·0	4·0	152·0	0·2224	0·00549	0·0368
50·6	166·6	6·0	160·6	0·3151	0·00549	0.0373
67·5	173·5	8·0	165·5	0·4079	0·00549	0·0373
84·4	178·6	10·0	168·6	0·5006		0·0372

Mittel von *tgv* = 0·00549 *cotv* = 182·2
Mittel von *k* = 0·0371.

F. II.

Curve 3. *Anz.* = 34·8. *Tg. K.*-linie = 0·09.

A	*Ord.*	*K*	*H*	*m*	*tgv*	*k*
20	183·0	1·8	181·2	0·1104	0·00460	0·0216
30	195·0	2·7	192·3	0·1560	0·00461	0·0227
40	201·5	3·6	197.9	0·2021	0·00448	0·0225
50	207·0	4·5	202·5	0·2469	0·00435	0·0224
60	212·0	5·4	206·6	0·2904	0·00442	0·0210
70	215·5	6·3	209·2	0·3346		0·0203

Mittel von *tgv* = 0·00449 *cotv* = 222·7
Mittel von *k* = 0·0218.

Curve 4. *Anz* = 60·8. *Tg. K.*-linie = 0·12.

A	*Ord.*	*K*	*H*	*m*	*tgv*	*k*
20	208	2·4	205·6	0·0973	0·00446	0·0093
30	215	3·6	211·4	0·1419	0·00431	0·0099
40	221	4·8	216·2	0·1850	0·00444	0·0090
50	224	6·0	218·0	0·2294		0·0094
60	225·5	7·2	218·3			

Mittel von *tgv* = 0·00440 *cotv* = 227·7
Mittel von *k* = 0·0094.

F. III. Curarisirter Froschgastrocnemius.

Curve 5. *Anz.* = 30·2. Keine Contractur.

A	*Ord.*	*m*	*tgv*	*k*
20	114·4	0·1748	0·00767	0·0244
30	119·3	0·2515	0·00719	0·0259
40	123·7	0·3234	0·00747	0·0226
50	125·6	0·3981	0·00777	0·0221
60	126·1	0·4758		0·0246

Mittel von *tgv* = 0·00752 *cotv* = 133·0.
Mittel von *k* = 0·0239.

Curve 6. *Anz.* = 59·2. Keine Contractur.

A	*Ord.*	*m*	*tgv*	*k*
5	130·5	0·0383	0·00690	0·0040
20	141.0	0·1418	0·00681	0·0046
30	143·0	0·2099	0·00683	0·0041
40	143·8	0·2782	0·00690	0·0038
50	144·0	0·3472		0·0042

Mittel von *tgv* = 0·00686 *cotv* = 146·0
Mittel von *k* = 0·0041.

Curve 7. *Anz.* = 29·6. Keine Contractur.

A	*Ord.*	*m*	*tgv*	*k*
20	116·3	0·1720	0·00727	0·0258
30	122·6	0·2447	0·00715	0·0254
40	126·5	0·3162	0·00744	0·0238
50	128·0	0·3906	0·00738	0·0251
60	129·2	0·4644		0·0258

Mittel von *tgv* = 0·00731 *cotv* = 136·8
Mittel von *k* = 0·0252.

F. IV.

Curve 8. *Anz.* = 28·4. *Tg. K.*-linie = 0·11.

A	*Ord.*	*K*	*H*	*m*	*tgv*	*k*
15	137·0	1·6	135·4	0·1108	0·00625	0·0185
25	147·0	2·7	144·3	0.1733	0·00621	0·0195
35	152·5	3·8	148·7	0·2354	0·00610	0·0201
45	156·7	4·9	151·8	0·2964	0·00596	0·0196
55	160·5	6·0	154·5	0·3560	0·00623	0·0176
65	162·5	7·1	155·4	0·4183		0·0185

Mittel von *tgv* = 0·00615 *cotv* = 162·6
Mittel von *k* = 0·0189.

Curve 9. *Anz.* = 64·3. *Tg. K.*-linie = 0·07.

A	*Ord.*	*K*	*H*	*m*	*tgv*	*k*
10	157	0·7	156·3	0·06398	0·00605	0·0040
20	162	1·4	160·6	0·1245	0·00597	0·0045
30	165	2·1	162·9	0·1842	0·00594	0·0042
40	167	2·8	164·2	0·2436	0·00604	0·0036
50	168	3·5	164·5	0·3040		0·0040

Mittel von *tgv* = 0·0060 *cotv* = 166·6
Mittel von *k* = 0·0041.

Curve 10. *Anz.* = 34·0. *Tg. K.*-linie = 0·05.

A	*Ord.*	*K*	*H*	*m*	*tgv*	*k*
15	133·0	0·8	132·2	0·1135	0·00629	0·0194
25	143·0	1·3	141·7	0·1764	0·00630	0·0196
35	148·0	1·8	146·2	0.2394	0·00632	0·0199
45	151·0	2·3	148·7	0·3026	0·00621	0·0204
55	153.6	2·8	150·8	0·3647	0·00624	0·0198
75	157·0	3·8	153·2	0·4895	0·0·628	0·0192
85	158·0	4·1	153·9	0·5523		0·0193

Mittel von *tgv* = 0·00627 *cotv* = 159·5
Mittel von *k* = 0·0197.

F. V.

Curve 11. *Anz.* = 68·0. *Tg. K.*-linie. = 0·20.

A	*Ord.*	*K*	*H*	*m*	*tgv*	*k*
10	186·3	2·0	184·3	0·0543	0·00489	0·0054
20	197·8	4·0	193·8	0·1032	0·00490	0·0054
30	203·1	6·0	197·1	0·1522	0·00487	0·0053
40	207·1	8·0	199·1	0·2009		0·0053

Mittel von *tgv.* = 0·00489 *cotv* = 204·5
Mittel von *k* = 0·0054.

Curve 12. *Anz.* = 39·3. *Tg. K*-linie. = 0·19.

A	*Ord.*	*K*	*H*	*m*	*tgv*	*k*
20	173·0	3·8	169·2	0·1182	0·00522	0·0140
30	181·8	5·7	176·1	0·1704	0·00513	0·0141
40	188·0	7·6	180·4	0·2217	0·00516	0·0133
60	196·0	11·4	184·6	0·3250	0.00528	0·0124
80	201·0	15.2	185·8	0·4306	0.00528	0·0138
100	205.5	19.0	186.5	0.5362		0·0152
120	209·0	22·8	186·2 *)			
140	212·1	26·6	185.5			
160	214·0	30·4	183·6			

*) Ermüdung.

Mittel von *tgv* = 0·00521 *cotv* = 191·9
Mittel von *k* = 0·0138.

F. VI.

Curve 13. *Anz.* = 37.9 *Tg. K.*-linie = 0·109.

A	*Ord.*	*K*	*H*	*m*	*tgv*	*k*
25	155·8	2·7	153·1	0·1634	0.00594	0·0184
35	160.9	3·8	157·1	0·2228	0·00583	0·0198
45	165·0	4·9	160·1	0·2811	0·00576	0·0201
55	168·4	6·0	162·4	0.3387	0·00566	0·0197
60	170·0	6·5	163·5	0·3670		0·0190

Mittel von *tgv* = 0·00580 *cotv* = 172·4
Mittel von *k* = 0·0194.

Curve 14. *Anz.* = 67·5 *Tg. K.*-linie = 0·14.

A	*Ord.*	*K*	*H*	*m*	*tgv*	*k*
15	168·2	2·1	166·1	0·0903	0.00548	0·0073
25	175·8	3·5	172·3	0·1451	0·00548	0·0068
35	180·0	4·9	175·1	0·1999	0·00562	0·0063
45	182·0	6·3	175·7	0·2561		0·0072
55	184·8	7·7				
65	186·0	9·1				

Mittel von *tgv* = 0·00553 *cotv* = 180·8
Mittel von *k* = 0·0069.

Curve 15. *Anz.* = 40 *Tg. K.*-linie = 0·09.

A	*Ord.*	*K*	*H*	*m*	*tgv*	*k*
25	158·9	2.3	156·6	0·1596	0·00569	0·0186
35	164·9	3·2	161·7	0.2165	0·00564	0·0191
45	169·0	4·1	164·9	0·2729	0·00553	0·0191
55	172·6	5·0	167·6	0·3282	0·00569	0·0180
65	174·7	5·9	168·8	0·3851		0·0185

Mittel von *tgv* = 0·00564 *cotv* = 177·3
Mittel von *k* = 0·0187.

F. VII.

Curve 16. *Anz.* = 18. Keine Contractur.

A	*Ord.*	*m*	*tgv*	*k*
45	244·6	0·1840	0·00298	0·0521
60	262·5	0·2286	0·00289	0·0528
75	275·8	0·2719	0·00291	0·0521
90	285·3	0·3155	0.00291	0·0518
105	292·3	0·3592	0·00290	0·0515
120	298·0	0·4027	0·00293	0·0511
150	305·8	0·4905	0·00292	0·0510
180	311·3	0·5782	0·00296	0·0508
210	314·8	0·6671		0·0518

Mittel von *tgv* = 0·00293 *cotv* = 341·3
Mittel von *k* = 0·0517.

Curve 17. *Anz.* = 72·0 Keine Contractur.

A	*Ord.*	*m*	*tgv*	*k*
11·3	287·0	0·0394	0·00297	0·0053
15·0	297·5	0·0504	0·00300	0·0051
22·5	308·8	0·0729	0·00307	0·0049
30·0	312·9	0·0959	0·00299	0·0053
37·5	317·0	0·1183	0·00300	0·0050
52·5	321·4	0·1633	0·00303	0·0047
60·0	322·5	0·1860	0·00305	0·0048
75·0	323·5	0.2318	0·00305	0·0053
90·0	324.3	0·2775		0·0057

Mittel von *tgv* = 0·00302 *cotv* = 331·3
Mittel von *k* = 0·0051.

F. VIII.

Curve 18. *Anz.* = 84·7 Keine Contractur.

A	*Ord.*	*m*	*tgv*	*k*
30	400	0·0750	0·00214	0·0120
40	415	0·0964	0·00204	0·0124
50	428	0·1168	0·00210	0·0118
75	443	0·1693	0·00212	0·0118
100	450	0·2222		0·0122

Mittel von *tgv* = 0·00210 *cotv* = 476·2
Mittel von *k* = 0·0120.

Curve 19. *Anz.* = 19·5. Keine Contractur.

A	*Ord.*	*m*	*tgv*	*k*
30	273	0·1099	0·00222	0·0460
50	324	0·1543	0·00222	0.0478
100	377	0·2654	0·00206	0·0524
150	407	0·3686	0·00213	0·0491
200	421	0·4751	0·00194	0·0491
250	437	0.5721	0·00216	0·0396
300	441	0·6803	0·00216	0·0413
350	444	0·7883	0·00217	0·0428
400	446	0·8969		0·0449

Mittel von *tgv* = 0·00213 *cotv* = 469·0
Mittel von *k* = 0·0459

F. IX.

Curve 20. *Anz.* = 64·5. *Tg. K.*-linie = 0·359.

A	*Ord.*	*K*	*H*	*m*	*tgv*	*k*
5	393	1·8	391·2	0·01278	0·00193	0·0034
10	449	3·6	445.4	0·02245	0·00191	0.0038
20	489	7·2	481.8	0·04151	0·00191	0·0041
30	506	10·8	495·2	0·06058	0·00189	0·0044
40	518	14·4	503·6	0·07943	0.00188	0·0046
50	527	18·0	509·0	0·09823	0·00179	0·0047
75	551·5	26·9	524·6	0·1430	0·00181	0·0028
100	567	35·9	531·1	0·1883	0·00186	0·0013
125	577	44·9	532·1	0·2349		0·0011
150	582	53·9	528·3			

Mittel von *tgv* = 0·00187 *cotv* = 534·8
Mittel von *k* = 0·0034.

Curve 21. *Anz.* = 19·5 *Tg. K.*-linie = 0.462.

A	*Ord.*	*K*	*H*	*m*	*tgv*	*k*
30	371	13·9	357·1	0·0840	0·00192	0·0273
40	406	18·5	387·5	0·1032	0·00191	0·0276
50	432	23·1	408·9	0·1223	0·00184	0·0278
75	480	34·7	445.3	0·1684	0·00187	0·0266
100	511	46·2	464·8	0·2151		0·0261
125	522	57·7	464·3			

Mittel von *tgv* 0·00189 *cotv* = 529·1
Mittel von *k* = 0·0271.

S. I.

Curve 22. *E* = circa 4·0 *Anz.* = 27·0 Keine Contractur.

A	*Ord.*	*m*	*tgv*	*k*
10	108·0	0.0926	0·00718	0·0223
30	127·0	0·2362	0·00706	0·0253
40	130·4	0.3068	0·00709	0·0256
50	132·4	0·3777	0·00678	0·0262
65	135·6	0·4794		0·0224

Mittel von *tgv* = 0·00703 *cotv* = 142·2
Mittel von *k* = 0·0244.

Curve 23. *E* = 33·1 *Anz.* = 27·0 Keine Contractur.

A	*Ord.*	*m*	*tgv*	*k*
15	128·7	0·1165	0.00580	0·0298
20	137·5	0·1455	0·00580	0·0299
30	147·4	0·2035	0·00583	0·0301
40	152·8	0·2618	0·00583	0·0306
50	156·2	0·3201	0·00573	0·0311
60	159·0	0·3774	0·00568	0·0306
70	161·2	0·4342	0·00577	0·0307
85	163·2	0·5208		0·0295

Mittel von *tgv* = 0·00578 *cotv* = 173·0
Mittel von *k* = 0·0304.

Curve 24. *E* = 63·7 *Anz.* = 27·5 *Tg.K.*-linie = 0·318.

A	*Ord.*	*K*	*H*	*m*	*tgv*	*k*
15	163·0	4·8	158·2	0·0948	0·00493	0·0223
25	181·5	8·0	173·5	0·1441	0·00480	0·0233
35	193·2	11·1	182·1	0·1921	0·00464	0·0230
45	203·0	14·3	188·7	0·2385	0·00487	0·0211
55	209·0	17·5	191·5	0·2872	0·00491	0·0215
65	214·0	20·7	193·3	0·3363	0·00481	0·0223
75	219·0	23·9	195·1	0·3844		0·0221

Mittel von *tgv* = 0·00483 *cotv* = 207·0
Mittel von *k* = 0·0222.

S. II.

Curve 25. $E = 34 \cdot 0$ *Anz.* $= 33 \cdot 8$ Keine Contractur.

A	*Ord.*	*m*	*tgv*	*k*
20	161·0	0·1242	0·00544	0·0172
30	168·0	0·1786	0·00520	0·0181
40	173·5	0·2306	0·00535	0·0166
50	176·0	0·2841	0·00539	0·0166
60	177·5	0·3380		0·0170

Mittel von *tgv* = 0·00535 *cotv* = 186·9
Mittel von *k* = 0·0171.

Curve 26.

$E = 52 \cdot 0$ *Anz.* $= 34 \cdot 8$ *Tg. K.*-linie = 0·08.

A	*Ord.*	*K*	*H*	*m*	*tgv*	*k*
20	189	1·6	187·4	0·1067	0·00459	0·0171
30	199	2·4	196·6	0·1526	0·00446	0·0182
40	206	3·2	202·8	0·1972	0·00443	0·0180
50	211	4·0	207·0	0·2415	0·00444	0·0175
55	213	4·4	208·6	0·2637		0·0173

Mittel von *tgv* = 0.00448 *cotv* = 223·2
Mittel von *k* = 0·0176.

S. III.

Curve 27.

$E = 30 \cdot 5$ *Anz.* $= 16 \cdot 1$ *Tg. K.*-linie. = 0·042.

A	*Ord.*	*K*	*H*	*m*	*tgv*	*k*
35	131·5	1·5	130·0	0·2692	0·00586	0·0595
75	152·1	3·2	148·9	0·5037	0·00595	0·0544
105	158·3	4·4	153·9	0·6823	0·00612	0·0533
135	161·6	5·7	155·9	0·8659	0·00603	0·0572
165	164·5	6·9	157·6	1.0469		0·0585

Mittel von *tgv* = 0·00599 *cotv* = 167·0
Mittel von *k* = 0·0566.

Curve 28.

E. = 53·0 *Anz.* = 16·1 *Tg. K.*-linie = 0·204

A	*Ord.*	*K*	*H*	*m*	*tgv*	*k*
35	177·5	7·1	170·4	0·2054	0·00409	0·0601
75	218·5	15·3	203·2	0·3691	0·00420	0·0582
105	233·5	21·4	212·1	0·4951	0·00417	0·0593
205	266·5	41·8	224·7	0·9123		0·0615
305	282·5	62·2	220·3			
405	292·5	82·6	209·9			

Mittel von *tgv* = 0·00415 *cotv* = 241·0
Mittel von *k* = 0·060.

S. IV.

Curve 29. *E.* = 45 *Anz.* = 40·0 Keine Contractur.

A	*Ord.*	*m*	*tgv*	*k*
20	161·8	0·1236	0·00542	0·0156
30	168·7	0·1778	0·00534	0·0158
40	173·0	0·2312	0·00545	0·0152
50	175·0	0·2857		0·0157

Mittel von *tgv* = 0·00540 *cotv* = 185·2
Mittel von *k* = 0·0156.

Curve 30.

E. = 55 *Anz.* = 41·5 Keine Contractur.

A	*Ord.*	*m*	*tgv*	*k*
20	185·0	0·1081	0·00458	0·0199
30	195·0	0·1539	0·00441	0·0216
40	202·0	0·1980	0·00424	0·0216
50	208·0	0·2404		0·0199

Mittel von *tgv* = 0·00441 *cotv* = 226·8
Mittel von *k* = 0·0207.

S. V.

Curve 31.

E. = 29 *Anz.* = 36·0 *Tg. K.*-linie = 0·108

A	*Ord.*	*K*	*H*	*m*	*tgv*	*k*
20	131·0	2·2	128·8	0·1552	0·00657	0·0250
30	139·0	3·2	135·8	0·2209	0·00644	0·0256
40	144·5	4·3	140·2	0·2853	0·00653	0·0249
50	148·0	5·4	142·6	0·3506		0·0251

Mittel von *tgv* = 0·00651 *cotv* = 153·6
Mittel von *k* = 0·0251.

Curve 32.

E. = 52 *Anz.* = 36·0 *Tg. K.*-linie = 0·154

A	*Ord.*	*K*	*H*	*m*	*tgv*	*k*
20	148·0	3·1	144·9	0·1380	0·00589	0·0216
30	157·0	4·6	152·4	0·1969	0·00582	0·0223
40	163·0	6.2	156·8	0·2551	0·00568	0·0223
50	168·0	7·7	160·3	0·3119	0·00578	0·0209
60	171·5	9·2	162·3	0·3697	0·00592	0·0205
70	174·0	10·8	163·2	0·4289		0·0215

Mittel von *tgv* = 0·00582 *cotv* = 171·8
Mittel von *k* = 0·0215.

S. VI.

Curve 33. *E.* = 17 *Anz.* = 33·8 Keine Contractur.

A	*Ord.*	*m*	*tgv*	*k*
10	96·5	0·1036	0·00758	0·0275
20	111·5	0·1794	0·00744	0·0272
30	118·2	0·2538	0·00768	0.0255
40	121·0	0·3306	0·00776	0·0262
50	122·5	0·4082		0·0277

Mittel von *tgv* = 0·00761 *cotv* = 131·4
Mittel von *k* = 0·0268.

Curve 34. *E.* = 32 *Anz.* = 32·7 Keine Contractur.

A	*Ord.*	*m*	*tgv*	*k*
20	119·0	0·1681	0·00700	0·0255
30	126·0	0·2381	0·00720	0·0242
40	129·0	0·3101	0·00719	0·0249
50	130·9	0·3820		0·0255

Mittel von *tgv* = 0·00713 *cotv* = 140·3
Mittel von *k* = 0·0250.

S. VII.

Curve 35.

E. = 16·1 *Anz.* = 39·3 Keine Contractur.

A	*Ord.*	*m*	*tgv*	*k*
15	113·0	0·1327	0·00739	0·0215
25	121·0	0·2066	0·00734	0·0213
35	125·0	0·2800	0·00718	0·0206
45	127·9	0·3518	0·00772	0·0183
55	128·2	0·4290		0·0214

Mittel von *tgv* = 0·00741 *cotv* = 135·0
Mittel von *k* = 0·0206.

Curve 36.

E. = 32·3 *Anz.* = 39·3 Keine Contractur.

A	*Ord.*	*m*	*tgv*	*k*
15	130·0	0·1154	0·00645	0·0204
25	139·0	0·1799	0·00650	0·0216
45	145·2	0·3099	0·00622	0.0250
55	147·8	0·3721	0·00612	0·0239
65	150·0	0·4333	0·00634	0·0218
75	151·0	0·4967		0·0219

Mittel von *tgv* = 0·00633 *cotv* = 158·0
Mittel von *k* = 0·0224.

Curve 37.

E. = 36·2 *Anz.* = 38·6 *Tg. K.*-linie = 0·09

A	*Ord.*	*K*	*H*	*m*	*tgv*	*k*
25	159·0	2·3	156·7	0·1595	0·00567	0·0190
35	165·1	3·2	161·9	0·2162	0·00560	0·0195
45	169·4	4·1	165·3	0·2722	0·00556	0.0193
55	172·8	5·0	167·8	0·3278	0·00566	0·0187
65	175·0	5.9	169·1	0·3844	0·00563	0·0191
75	177·0	6·8	170·2	0·4407	0·00555	0·0192
85	179·0	7·7	171·3	0·4962	0·00564	0·0185
95	180·5	8·6	171·9	0·5526	0·00561	0·0187
105	182·0	9·5	172·5	0·6087		0·0186
115	182·9	10·4	172·5			

Mittel von *tgv* = 0·00562 *cotv* = 177·9
Mittel von *k* = 0·0190.

Curve 38.

E. = 47·7 *Anz.* = 39·3 *Tg. K.*-linie = 0·110

A	*Ord.*	*K*	*H*	*m*	*tgv*	*k*
25	167·7	2·8	164·9	0·1516	0·00530	0·0211
35	175·0	3·9	171·1	0·2046	0·00518	0·0219
45	180·5	5·0	175·5	0·2564	0·00519	0·0215
55	184·5	6·1	178·4	0·3083		0·0212

Mittel von *tgv* = 0·00522 *cotv* = 191·6
Mittel von *k* = 0·0214.

Curve 39.

E. = 58·5 *Anz.* = 39·3 *Tg. K.*-linie = 0·130

A	*Ord.*	*K*	*H*	*m*	*tgv*	*k*
25	177·4	3·3	174·1	0·1436	0·00511	0·0203
35	184·4	4·6	179·8	0·1947	0·00499	0·0221
45	189·9	5·9	184·0	0·2446	0·00483	0·0227
55	195·0	7·2	187.8	0·2929	0·00478	0·0217
65	199·3	8·5	190·8	0·3407		0·0202

Mittel von *tgv* = 0·00493 *cotv* = 212·4
Mittel von *k* = 0·0214.

Zweiter Anhang.

Beschreibung des gebrauchten Apparates. (S. Taf. VI.)

Das Werkzeug, dessen ich mich bediente, hatte verschiedene Aufgaben zu erfüllen.

1) Ein constanter, galvanischer Strom, in dessen Kreis die primäre Rolle des Schlitteninductoriums von du Bois-Reymond eingeschaltet war, sollte wechselnd in der Art geschlossen und geöffnet werden, dass der zeitliche Verlauf, die Innigkeit und die Dauer der Schliessung und ebenso die der Oeffnung jedesmal in genau derselben Weise stattfand, so oft sich dieselbe auch wiederholen mochte, und nicht minder sollte die Zeit, welche zwischen zwei aufeinander folgenden Schliessungen verstrich, stets gleiche Dauer besitzen. Gelöst wurden die Aufgaben dadurch, dass ein Pol der Kette in eine isolirte Kreisscheibe mündete, die auf ihrer Stirnseite in genau gleichen Abständen 36 Platinstiftchen trug. Wurde die Scheibe gedreht, so berührten ihre Stifte der Reihe nach ein federndes, auf isolirender Grundlage befestigtes Platinblech, das mit dem zweiten Pole der Kette in leitender Verbindung stand — siehe Taf. VI, Fig. 1, die Scheibe *H* und die federnde Platinplatte *I* in der Aufsicht. Die über den Rand der Scheibe *H* hervorragenden Stiftchen besassen sämmtlich denselben Durchmesser und lagen mit ihren freien Enden in einer Kreislinie. Die Platinfeder *I*, deren Lage und Excursion durch eine stützende Schraube gesichert war, beantwortete den auf sie geübten Druck mit einer sanften, von Eigenschwingungen freien Bewegung. — Die Scheibe und das federnde Plättchen waren in einen geräumigen, mit 95procentigem Alkohol gefüllten Kasten versenkt, so dass mit der Lösung der metallischen Berührung der constante Strom geöffnet und die Reinheit der Platinflächen gesichert war. Fig. 2. *M.* — Die Drehung der Scheibe besorgte ein starkes, von Gewichten getriebenes Uhrwerk. Fig. 2. *A B.*

Obwohl die Leistungen des Tiegel'schen Capillarcontactes sehr zufriedenstellend ausfallen können, so habe ich doch seinen Gebrauch aufgegeben, nachdem sich gezeigt hatte, dass mit dem oben beschriebenen Verfahren durch welches sich die Zeitfolge der Reize bequem und weitgreifend ändern lässt, sich auch der andere Vortheil verbindet, dass die durch sie erzeugten Tetani aller Grade mit unfehlbarer Sicherheit glatt und ohne jegliche Schwankung ablaufen. Wie alle feineren Apparate bedarf auch der unsere einer sorgfältigen Behandlung und Aufsicht.

2) Soll die secundäre Rolle des Inductoriums wiederkehrende Reize von unveränderlicher Leistung liefern, so müssen auf das lebendige Präparat entweder nur Schliessungs- oder nur Oeffnungsströme einwirken. Wodurch

unser Apparat im Prinzip zum Abblenden der Schliessungsströme befähigt war, ist schon auf S. 239 durch den Holzschnitt 1 dargelegt. Hier wäre vorerst nachzutragen, weshalb sich die beiden dort erwähnten Scheiben, die strombrechende und -abblendende, in gleicher Richtung und mit gleicher Geschwindigkeit drehen. S. Taf. VI, Fig. 2. Von dem durch Gewichte getriebenen Uhrwerk wurde mittelst einer Frictionsscheibe *B* die Achse des Zahnrades *D* bewegt, welches in die Zähne zweier anderer, gleichbeschaffener Räder *E* und *F* eingriff. Auf den Achsen der Räder *E* und *F*, und zwar gegen deren unteres Ende hin, sass je eine Scheibe *G* und *H*. — Von den beiden diente *H* auf vorhin beschriebene Weise zum Unterbrechen des Kettenstroms; *G* dagegen war zum Abblenden des in der secundären Spirale geweckten Schliessungsstromes geeignet, weil den auf seiner Stirnseite eingebohrten Platinstiften ebenfalls ein auf isolirender Grundlage aufgeschraubter federnder Platinstreifen gegenüberstand. Da, wie schon auf S. 238 erwähnt, von den einander entsprechenden Stiften der beiden Scheiben *G* und *H* der des Abblenders *G* jedesmal um ein Geringes früher auf dem federnden Platinblech anlangte und dasselbe auch um etwas früher verliess, als der Stift der Scheibe *H*, so war unter Voraussetzung einer passenden Leitung die erwünschte Abblendung zu bewirken. Von dem constanten Element lief ein Draht zu dem isolirten Platinblättchen *I*, der andere dagegen durch den isolirten Haken *L* in eine tiefe mit Quecksilber gefüllte kreisförmige Rinne auf der Scheibe *H*. Die Rinne war in einen Ebonitring eingegraben, welcher einen Theil der Scheibe *H* bildete. Letztere war, wie Fig. 1 der Taf. VI erkennen lässt, aus drei Ringen zusammengefügt: einem an die Achse grenzenden metallenen, einem darauffolgenden aus Ebonit und endlich aus einem zweiten metallenen, der die Platinstifte trug. Um die Verbreitung des verspritzenden Quecksilbers zu verhüten, bez. die des verspritzten unschädlich zu machen, war die Rinne auf ihrer peripheren Seite mit einem hohen Hornrande umkleidet, und die Achse der Scheibe *H* mit einer isolirenden Schicht überzogen. Aus dem Quecksilber stieg ein Platindraht auf den äusseren Metallring der Scheibe *H*, wo er fest geschraubt war. — Somit war dem Kettenstrom ein Weg zu den Stiften der Scheibe *H* gesichert, ohne dass die Drehung der letzteren behindert war. Einfacher gestaltete sich die zum Abblenden bestimmte Leitung. Aus der secundären Rolle lief ein Draht zum Gehäuse der Uhr, der andere zu dem federnden Platinplättchen, welches auf isolirter Grundlage dem Stiftchen der Scheibe *G* gegenüberstand.

3) Zur Aenderung des Zeitraumes, der zwei aufeinander folgende Einzelreize trennte, konnte man auf zweierlei Weise gelangen. Zunächst liess sich die Winkelgeschwindigkeit des Zahnrades *D* und somit die von *E* und *F* — Fig. 2, Taf. II — in weiten Grenzen dadurch steigern, dass die

an der Achse von D befestigte Rolle C mehr und mehr vom Mittelpunkt der Frictionsscheibe B entfernt wurde. Das Nähere dieser Einrichtung darf wegen der Verbreitung, die sie geniesst, als bekannt vorausgesetzt werden. Aber durch die Verschiebung von C auf B sind zugleich mit der Zahl der Unterbrechungen des Kettenstromes in der Zeiteinheit auch der Verlauf jeder einzelnen geändert, darum darf ein etwa hervortretender Unterschied des Reizwerthes bei verschieden raschen Drehungen nicht ohne Weiteres auf den Wechsel der Zeit geschoben werden, in welcher die Inductionsströme einander folgen.

4) Sollte die Wirkung abgesondert hervortreten, welche dem Reiz vermöge der Häufigkeit seiner Wiederkehr zusteht, so musste es möglich sein, bei unveränderlicher Geschwindigkeit des Rades D einen Bruchtheil der Oeffnungsströme des Inductoriums vom Muskel abzublenden, so dass z. B. nur der je 2., 4., 6. oder der 3., 9., 12 . . . zur Geltung kam. Den verlangten Ausfall der Reize besorgte der metallische Streifen R und die mit dem Zahnrad D unbeweglich und leitend verbundene Scheibe T. In den Rand der letzteren waren in gleichen Abständen 9 Vertiefungen eingeschnitten, deren jede $^1/_{36}$ des Kreisumfangs einnahm. Gegen die unversehrten Theile des Randes von T drückte schwach federnd der metallische Streifen R, und weil nun als Nebenschliessung zum Muskel aus den Enden der secundären Spirale zwei Drähte zu R und T hinliefen, so wurde, wenn die Uhr im Gange war, nur jedesmal der vierte Inductionsreiz wirksam. Durch die Einschaltung der Nebenschliessung war also die Zahl der Reize, welche vorher für jede Umdrehung des Rades 36 betragen hatte, auf 9 herabgedrückt worden. Verbunden mit der Möglichkeit, die Drehung des Rades nach Belieben zu beschleunigen, gewährt die beschriebene Abblendung die Mittel, die Zeitfolge der Reize in hinreichend weiten Grenzen abzustufen.

5) Aus einem früher angegebenen Grunde war es nöthig, die Eigenschaften derjenigen Zuckung genau zu kennen, aus deren Wiederholung ein bestimmter Tetanus hervorgegangen war, mit anderen Worten, es durfte während unveränderter Geschwindigkeit der Scheibe H statt aller nur einer der während ihrer Umdrehung geweckten Inductionsströme wirksam werden. Zu diesem Ende mussten so lange alle Reize von dem Muskel abgehalten werden, bis sich die Scheibe mit ihrer vollen Geschwindigkeit drehte und erst dann durfte ein Einzelreiz zur Geltung kommen. Deshalb war an das Achsengestell der Zahnräder eine kleine Vorrichtung P — Fig. 2 und Fig. 3 — befestigt, welche aus einem isolirt aufgeschraubten Platinbogen b und einem um eine senkrechte Achse drehbaren metallischen Vorreiber a bestand. Je nach der Stellung des letzteren war, wie leicht verständlich, dem Bogen eine verschieden starke Hervorwölbung gestattet. In den Vorreiber und den Bogen liefen als Nebenschliessung zum Muskel

die Enden der secundären Spirale des Inductoriums aus; so lange sich beide berührten, war der secundäre Kreis geschlossen. Geöffnet wurde er, wenn die Elfenbeinspitze des Stiftes *Z*, welcher sich mit der Achse der Scheibe *G* drehte, den Platinbogen von dem Vorreiber abdrückte. An den Bogen konnte der Stift *Z* nur dann heranreichen, wenn der Vorreiber sich in einer Stellung befand, die jenem sich frei zu entfalten gestattete; war dagegen der Vorreiber weiter nach der Wölbung des Bogens hin gedreht und dieser darum abgeflacht, so konnte der Stift vor ihm vorüberstreichen. Die verlangte Einzelzuckung wird nun folgendermaassen herbeigeführt: Nachdem der Vorreiber so gestellt worden, dass er den Platinbogen abflachte, wurde das Uhrwerk losgelassen; hatten die Räder die volle Geschwindigkeit erlangt, so wurde der Vorreiber zurückgedreht; alsbald stiess der Stift an den Bogen und öffnete damit die Nebenschliessung zum Muskel für genau so lange Zeit, als ein Stift der Scheibe *H* mit der Platinfeder *I* in Berührung blieb. Jetzt erfolgte die Zuckung; mit ihrem Eintritt wurde, um ein zweites Oeffnen der Nebenschliessung zu verhindern, der Vorreiber rasch vor den Bogen 6 gedreht, so dass nun die Elfenbeinspitze von *Z* frei an ihm vorübergehen konnte.

6) Die Zahl der Einzelreize, von welchem der Muskel in der Zeiteinheit getroffen wird, ist unter gegebenen Umständen bestimmt durch die Winkelgeschwindigkeit der Scheibe *H*. Um letztere zu finden genügt es, auf den Ueberzug einer mit bekannter Geschwindigkeit gedrehten Trommel so oft eine Marke eintragen zu lassen, als die Scheibe *H* eine ihrer Umdrehungen vollendet hat. Das Einzeichnen der Marke besorgte die Schreibfeder eines Elektromagnetes, das Zählen der Umdrehungen ein Stift *O* — Fig. 2 und Fig. 3 — der an der Achse der Scheibe *H* isolirt befestigt war und durch Zurückdrücken der an einem Ebonitlager angeschraubten federnden Platinplatte *N* den Kreis schloss, in welchem der markirende Elektromagnet eingeschaltet war.

Der beschriebene Apparat ist von den HH. Balzar und Schmidt in Leipzig mit bekannter Meisterschaft gebaut worden.

Ueber die Beobachtung des Augenhintergrundes unter hochgradiger Vergrösserung.

Von

M. W. af Schultén,
Docent an der Universität Helsingfors.

(Hierzu Tafel VII.)

Den Augenhintergrund unter bedeutender Vergrösserung beobachten zu können ist unzweifelhaft ein Problem von hohem Interesse in physiologischer und pathologischer Hinsicht. Nirgendwo anders sind im höheren thierischen Organismus Blutgefässe und Nerven der Beobachtung wie im Augenhintergrunde zugänglich, ohne dass verletzende Eingriffe nöthig seien. Es ist darum naheliegend von den Phaenomenen, die im Augenhintergrunde beobachtet werden können, für zahlreiche experimentelle Forschungen Nutzen zu ziehen. Ich will unter anderen anführen: das Verhalten der Blutcirculation bei allgemeinen Störungen und vasomotorischen Einflüssen, die Veränderungen im retinalen und chorioidalen Blutlaufe bei Einflüssen, welche speciell das Auge treffen, dessen Abhängigkeit von Störungen im Kreislaufe des Gehirns (die Entstehung der Stauungspapille), die Veränderungen des Sehnerven bei Circulationsstörungen, wie bei anderen Eingriffen u. s. w. Man kann sich denken, dass durch eine solche „ophtalmomikroskopische" Beobachtung die Physiologie und die Pathologie des Auges und im Besonderen des Sehnerven, der Retina und der Chorioidea eine neue Aufklärung auch in vielen anderen Richtungen als in den oben angedeuteten gewinnen könnte. Und wenn es gelänge auch beim Menschenauge eine solche Beobachtungsmethode durchzuführen, so würde unzweifelhaft die Kenntniss der pathologischen Veränderungen des Augenhintergrundes dadurch in hohem Grade gefördert sein.

Die Vergrösserungen, welche mit den gewöhnlichen Augenspiegeln erhalten werden, sind keineswegs genügend für die Lösung der Fragen die ich oben beispielsweise angeführt habe. Bei der Beobachtung des umgekehrten Bildes mit Linsen von der gewöhnlichen Brennweite, etwa 5 bis 6 ^{cm}, erhält man für des Menschenauge Vergrösserungen, welche mit der Refraction des Auges wechseln, aber das 4 bis 6fache nicht übersteigen. Die Beobachtung des aufrechten Bildes giebt wohl eine höhere Vergrösserung, bis etwa 20 Male bei den gewöhnlichen Brechungsverhältnissen des menschlichen Auges, aber das Sehfeld ist andererseits sehr eingeschränkt. Man darf behaupten, dass es nur in sehr seltenen Fällen möglich sei feinere Veränderungen des Lumens der Retinalgefässe, der Blutfüllung der Papille u. s. w. mit den gewöhnlichen Augenspiegeln zu erkennen. Und alle bisher gemachten Versuche auf dem gewöhnlichen ophthalmoskopischen Wege den Durchmesser der Blutgefässe im Augenhintergrunde genau zu schätzen oder gar zu messen, dürfen theils als sehr unsicher, theils als ganz misslungen betrachtet werden. Zur letzteren Kategorie gehören unter anderen die von Schneller[1] beschriebenen Versuche. Er entwarf auf gewöhnliche Weise ein umgekehrtes Bild des Augenhintergrundes — beim Kaninchen — mittelst einer biconvexen Linse von 47·5 ^{mm} Brennweite und versuchte dann mit einem aus zwei verstellbaren Metallspitzen bestehenden und am Platze des Luftbildes gehaltenen Mikrometer den Kaliber der Retinal- und Chorioidalgefässe zu messen, indem das Auge verschiedenen Eingriffen, wie z. B. der Corneaparacentese, Druck gegen den Bulbus u. s. w. ausgesetzt wurde. Dass die Schwierigkeiten wie die Fehlerquellen hierbei mannigfaltig sind, wird leicht eingesehen und eine gerechte Kritik hat auch den Resultaten dieser Versuche allen Werth geraubt.

Da also die gewöhnlichen ophthalmoskopischen Vergrösserungen ungenügend sind, um solche feinere Beobachtungen zu gestatten wie die oben angedeuteten, war es naheliegend optische Combinationen zu suchen, wodurch eine höhere Vergrösserung erreicht werden könnte. Solche Versuche werden nicht vermisst. Die, welche ich publicirt gefunden habe, zielten grösstentheils darauf hinaus mit einer Lupe oder einem Mikroskop das umgekehrte Bild des Augenhintergrundes, welches mit einer Linse von kurzer Brennweite erhalten wird, zu betrachten.[2] Versuche in dieser Richtung sind

[1] *Archiv für Ophthalmologie.* Bd. III. Abthlg. 2. S. 121.

[2] Für den ganz speciellen Fall: hochgradige Myopie hat Liebreich (*Archiv für Ophthalmologie.* Bd. VII. Abthlg. 2. S. 130) vorgeschlagen, das vom myopischen Auge selbst entworfene Luftbild mit einem Ocular zu betrachten, wodurch eine bedeutende Vergrösserung erhalten wird.

Mehr oder weniger complicirte Oculare sind von Vielen, unter anderen von Coccius (*Archiv für Ophthalmologie.* Bd. X. Abthlg 1. S. 123) construirt.

von Giraud-Teulon und Galezowsky gemacht; ihre Methoden unterscheiden sich nur in unwesentlichen Theilen, indem nämlich die Experimentatoren auf verschiedene Weise der Schwierigkeit zu begegnen suchten, welche daraus entsteht, dass der Beleuchtungsspiegel dem Anbringen einer Lupe oder eines Mikroskops hinderlich ist. Diese Schwierigkeit wollte Giraud-Teulon[1] vermeiden durch Anwendung eines concav-convexen Meniscus, dessen concave Fläche als Reflector diente, während die convexe das umgekehrte Bild, welches mit einem Mikroskop betrachtet wurde, entwarf. Galezowsky[2] suchte seinerseits mit einem rechtwinkeligen Prisma die vom Auge kommenden Strahlen abzulenken, damit die Vergrösserung des Luftbildes unbehindert durch den Beleuchtungsapparat gelingen könne.

Diese Versuche gaben indessen ganz unklare und diffuse Bilder, wie nicht anders zu erwarten, weil sie gegen die einfachsten Regeln der Optik sündigten. Denn es ist deutlich, dass, während das umgekehrte Bild in der besprochenen Weise vergrössert wurde, alle die optischen Fehler desselben zugleich mit vergrössert wurden. Auf jenem Wege eine hochgradige Vergrösserung des Augenhintergrundes zu erreichen, ist ebenso unmöglich als zum Beispiel die Vergrösserung eines Mikroskops dadurch zu steigern, dass man das vom Objectiv entworfene Bild mit einem anderen Mikroskop betrachtet.

Als ich vor einigen Jahren gemeinsam mit Dr. Carl Lundström Versuche über ophthalmoskopische Vergrösserung anfing, sahen wir bald praktisch und theoretisch ein, dass auf dem früher eingeschlagenen Wege nichts zu erreichen war.

Eine ganz andere Methode musste befolgt werden. Das beobachtete Auge müsste als das erste Glied einer optischen Combination betrachtet werden, die selbst wieder nach den für vergrössernde optische Instrumente gültigen Regeln anzuordnen war. Für eine solche Combination findet sich unter den gegenwärtig gebrauchten Instrumenten kein vollkommen entsprechendes Vorbild; Winke für ihre Herstellung können dagegen aus dem Bau des Mikroskops und der Fernröhre für astronomische und terrestrische Zwecke gezogen werde. Am nächsten kann das myopische Auge mit dem Objectiv eines Mikroskops, und besonders eines für Immersion eingerichteten verglichen werden, denn ebenso wie das Objectiv des Mikroskops ein umgekehrtes vergrössertes Bild des beobachteten Gegenstandes giebt, ebenso entwerfen die brechenden Medien des myopischen Auges ein ähnliches Bild des Augenhintergrundes. Und wie im Mikroskop das vom Objectiv gegebene Bild durch die Collectiv- und Ocularlinsen weiterhin

[1] *Annales d'Oculistique.* 1867. T. LVII.

[2] Galezowsky, *Traité des maladies des yeux.* Paris 1875. p. 508.

vergrössert wird, ohne dass dessen optische Fehler wesentlich wachsen, so liesse sich eine ähnliche Anordnung des vergrössernden Instrumentes für den Hintergrund des myopischen Auges denken.

Aber für das emmetropische und das hypermetropische Auge[1] ist die Aehnlichkeit mit dem Objectiv eines Mikroskops nicht mehr zutreffend, indem die vom Augenhintergrunde kommenden Strahlen für jenes parallel, für dieses divergent heraustreten, also aus beiden ohne Tendenz ein reelles Bild hervorzubringen. Bei der Construction eines stark vergrössernden Ophthalmoskops für diese Refractionszustände könnte vielmehr eine Analogie mit den Instrumenten, welche auf astronomische und terrestrische Vergrösserung sich beziehen, gesucht werden.

Aber welche Analogien man auch suche, es gilt vor Allem die Bedingung zu erfüllen, dass, während die vom Auge austretenden Strahlen zu einem vergrösserten Bilde vereinigt werden, dieses möglichst scharf sein muss. Allerdings ist das Auge selbst nicht frei von optischen Fehlern, aber es darf, bei den höheren Thieren, doch als eines der vollkommensten optischen Instrumente angesehen werden. Deshalb würde der optische Apparat, welcher die aus dem Auge kommenden Strahlen zu einem vergrösserten Bilde sammeln soll, seine Aufgabe erfüllt haben, wenn er möglichst achromatisch und aplanatisch hergestellt würde, damit die unvermeidlichen, im einzelnen Falle unbestimmbaren Fehler des Auges selbst nicht noch vergrössert werden.

Weitere Schwierigkeiten ergeben sich aus der Anordnung der Beleuchtung und der Nothwendigkeit das Bild der Pupille soweit zu vergrössern, dass dasselbe das Sehfeld nicht einschränke.

Um ein deutliches Bild des Augenhintergrundes zu bekommen, muss derselbe scharf beleuchtet werden in der Weise, dass das beobachtende Auge die vom Augenhintergrunde reflectirten Strahlen empfängt. Hierbei müssen auch die störenden Reflexe berücksichtigt werden, welche auf den Flächen der Krystalllinse, der Cornea und des vergrössernden optischen Apparates entstehen.

Um vorzubeugen, dass das Pupillarbild nicht das Sehfeld einschränke, ist es nothwendig, dass die vom Pupillarrande des beobachteten Auges reflectirten Strahlen in oder nahe der Pupillarebene des beobachtenden Auges zu einem Bilde vereinigt werden, welches nicht kleiner als letztgenannte Pupille ist; denn so werden die genannten Strahlen nicht in das beobachtende Auge eingelassen, und die Pupille des beobachteten Auges wird ebensowenig das Sehfeld einschränken, als die Pupille des Beobachters. Diese Bedingung kann auch so ausgedrückt werden: die Pupillarebenen der

[1] Ich setze natürlich voraus, dass das Auge nicht accommodirt.

beiden Augen müssen möglichst nahe in der Entfernung vom vergrössernden optischen Apparat sich befinden, dass sie conjugirte Ebenen darstellen und dass das Pupillarbild des beobachteten Auges keinesfalls kleiner als die Pupille des beobachtenden Auges wird. Ich werde bald eine hieraus entstehende Folgerung besprechen, die im Gegensatze zu der gewöhnlichen in Lehrbüchern vorgetragenen Auffassung steht.

Mit Anleitung der Analogien und zufolge der Bedingungen, die oben entwickelt sind, gestaltet sich die Methode den Augenhintergrund unter bedeutender Vergrösserung zu beobachten auf folgende einfache Weise.

---

1. Emmetropisches Auge.

Die vom Auge parallel heraustretenden Strahlen werden mittelst einer achromatischen Convexlinse oder eines Concavspiegels von bedeutender Brennweite aber relativ geringer Apertur zu einem reellen umgekehrten Bilde gesammelt und dieses Bild wird direct oder mit einem schwach vergrössernden Ocular betrachtet. Je nachdem man eine kleinere oder beträchtlichere Vergrösserung wünscht, benutzt man Linsen, beziehungsweise Spiegel von 25, 30, 40, 50 ^{cm} Brennweite und einer Apertur von einer Grösse bei welcher die sphärische Aberration nicht stört. So habe ich u. a. Spiegeln von 30 ^{cm} Brennweite eine Apertur von 12 ^{cm} gegeben; beinahe dieselben Dimensionen können auch Spiegeln von 40 und 50 ^{cm} Brennweite gegeben werden, ohne dass, nach meiner Erfahrung, die Deutlichkeit der Bilder leidet. Die Linse oder der Spiegel wird auf einem Abstande vom beobachteten Auge placirt, welcher zugleich von ihrer Brennweite und der Entfernung des beobachtenden Auges abhängig ist. In keinem Falle dürfen, der gewöhnlichen Vorschrift zuwider, die Linsen oder Spiegel in der Entfernung ihrer Brennweite vom beobachteten Auge sich befinden, denn in diesem Falle würde das Sehfeld sehr eingeschränkt werden. Dem bekannten Gesetze für conjugirte Bilder entsprechend, müssen wir für die Stellungen, in welcher sich der Concavspiegel[1] von den beiden Augen befindet, drei Fälle unterscheiden:

a. Die Pupillarebene des beobachtenden Auges befindet sich jenseits des Mittelpunktes des Spiegels — dann muss die Pupillarebene des beobachteten Auges zwischen dem Brennpunkte und dem Mittelpunkte des Spiegels liegen.

[1] Der Einfachheit wegen spreche ich nur vom Concavspiegel. Die von ihm herzuleitenden Regeln sind natürlich auch für die Convexlinsen gültig.

b. Die Pupillarebene des beobachtenden Auges befindet sich im Mittelpunkte des Spiegels — dann muss auch die Pupillarebene des beobachteten Auges im Mittelpunkte des Spiegels liegen.

c. Die Pupillarebene des beobachtenden Auges befindet sich zwischen dem Mittelpunkte und Brennpunkte des Spiegels — dann muss die Pupillarebene des beobachteten Auges jenseits des Mittelpunktes des Spiegels liegen.

In allen Fällen ist die Bedingung zu erfüllen, dass das Pupillarbild des beobachteten Auges nicht kleiner als die Pupille des Beobachters sei, was, bei gleicher Grösse der Pupillen, in den Fällen a. und b. ohne weiteres, im Falle c. nicht ohne künstliche Erweiterung der Pupille des beobachteten Auges zu erreichen ist.

Der Beobachter hält sich natürlich in einem solchen Abstande, dass er für das Luftbild des Augenhintergrundes, das beim emmetropischen Auge in der Entfernung des Brennpunktes des Spiegels entsteht, bequem accommodiren kann.

Bemerkung.

Es ist auffallend, dass seit der Entdeckung des Augenspiegels die Auffassung allgemein geblieben ist, dass bei der Beobachtung des umgekehrten Bildes die Convexlinse in der Entfernung seiner Brennweite von der Pupillarebene gehalten werden muss. Dass man sich nicht praktisch von der Unrichtigkeit dieser Vorschrift überzeugt habe, kann nur davon abhängen, dass die Linsen kurzer Brennweite, welche zur Anwendung kamen, in der That nur ein wenig jenseits des Brennpunktes gehalten werden müssen, um ein freies Sehfeld zu geben; wenn z. B. eine Linse von 5 ^{cm} Brennweite benutzt wird, und der Beobachter in einer Entfernung von 30 ^{cm} von der Linse sich befindet, so wird die Linse in der Entfernung von nicht 5 ^{cm}, sondern etwa 6 ^{cm} vom beobachteten Auge gehalten. Dagegen, wenn Linsen oder Spiegel von grosser Brennweite benutzt werden, wird die Unrichtigkeit der Vorschrift sehr auffallend.

Es ist leicht durch einen Versuch mit einer beliebigen Convexlinse, die zur Entwerfung des umgekehrten Bildes benutzt wird, sich davon zu überzeugen, dass, wenn die Linse in der Entfernung der Brennweite gehalten wird, das Sehfeld durch ein recht scharfes Pupillarbild sehr eingeschränkt ist. Wird die Linse dem Auge genähert, so wird das Sehfeld durch das Pupillarbild immer mehr eingeschränkt; wird die Linse vom Brennpunkte entfernt, so wird das Sehfeld grösser, aber durch Zerstreuungskreise immer unklarer, bis endlich in einer gewissen Lage die Pupillarcontouren vollständig verschwinden und das Sehfeld ganz klar wird. Eben in dieser Lage sind die beiden Pupillen annähernd conjugirte Ebenen. — Die Bedingung, dass das Pupillarbild des beobachteten Auges nicht kleiner sein darf, als die Pupille des Beobachters, wird bei den gewöhnlichen ophthalmoskopischen Methoden ohne weiteres erfüllt, weil der Beobachter ja immer in viel grösserer Entfernung von der Linse bleibt, als die Entfernung dieser vom beobachteten Auge beträgt — also das Pupillarbild jedenfalls vergrössert wird. Aber wenn man Linsen (oder Spiegel) grosser Brennweite be-

nutzt, muss man dieser Bedingung gut eingedenk sein, besonders wenn die Pupille des untersuchten Auges enge ist. Man muss deshalb die Entfernung des Beobachters so wählen, dass das Pupillarbild vergrössert wird, und wenn z. B. bei Benutzung eines Ocularglases der Beobachter sich nicht beliebig entfernen kann, so muss die Pupille des beobachteten Auges mit Atropin erweitert werden. — Uebrigens ist leicht einzusehen, dass, je grösser das Pupillarbild relativ zur eigenen Pupille ist, desto weiter sind auch die Grenzen, in denen die Pupillarlage des Beobachters diesseits und jenseits vom Pupillarbilde schwanken darf, ohne dass das Sehfeld eingeschränkt wird. Nachstehende Construction erläutert diese Thatsache. (Der Einfachheit wegen haben wir überhaupt von der Wirkung der Corneabrechung auf den Gang der Pupillarstrahlen abgesehen. Die scheinbare Lage und Grösse der Pupille sind ja auch nur wenig verschieden von der wirklichen.)

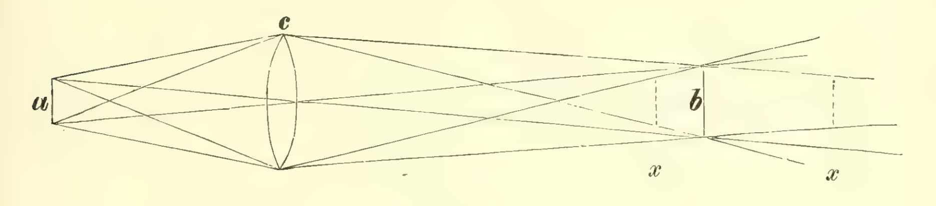


Fig. 1.

c Convexlinse von 10 cm Brennweite; *a* Pupillendiameter des beobachtenden Auges; *b* Bild der Pupille *a*; *x x* Grenzen, innerhalb welchen die Lage der Pupille des Beobachters schwanken darf, wenn letztere ebenso weit als *a* geöffnet ist.

Man sieht, dass die Durchschnitte der Kegel, welche von den vom Pupillarrande kommenden Strahlen freigelassen werden, erst in einer gewissen Entfernung von dem Pupillarbilde gleich werden den beiden Pupillen (denen hier dieselbe Grösse gegeben wird). Sobald das Bild grösser, als die Oeffnung der Linse ist, wird der Durchschnitt durch den Kegelraum jenseits des Bildes immer grösser als das letztere, d. h. der Beobachter kann sich beliebig jenseits der Lage des conjugirten Bildes stellen.

Man kann auch leicht durch Rechnung constatiren, dass beim Halten der Linse in der Entfernung der Brennweite das Gesichtsfeld sehr beschränkt wird. Nehmen wir an, dass ein emmetropisches Auge mit einer Convexlinse von 5 cm Brennweite ein anderes emmetropisches Auge beobachtet. Das Bild des Augenhintergrundes entsteht dann 5 cm von der Linse und wird betrachtet, z. B. in einer Entfernung von 20 cm. Wenn also der Beobachter für diese Entfernung accommodirt, werden die Constanten des (reducirten)Auges so verändert, dass die hintere Brennweite 18·6 mm (statt 20) und der Abstand des Knotenpunktes von der Retina 15·35 mm (statt 15) betragen. Wird nun die Convexlinse in der Entfernung seiner Brennweite vor das beobachtete Auge gehalten, so entsteht das Bild der Pupille in der hinteren Brennebene und ist vermindert im Verhältnisse $^{14}/_{50}$. Auf der Retina zeichnet sich dieses Bild ein wenig grösser aber von Zerstreuungskreisen beeinträchtigt ab. Die Netzhautstelle, die für das Bild des Augenhintergrundes frei bleibt, ist also sehr klein — wenn der Durchmesser

der beobachteten Pupille zu 4^{mm} angenommen wird, etwa 1^{mm} im Durchschnitte.

Durch eine ähnliche Berechnung findet man, dass, wenn die Linse dem Auge noch diesseits der Brennweite genähert wird, die Pupillarbilder immer der Retina näher entstehen; sie werden immer kleiner, aber zeichnen sich schärfer auf der Retina ab. Wird die Linse jenseits der Brennweite entfernt, so entstehen die Pupillarbilder immer weiter von der Retina; sie sind grösser, aber die beleuchtete Stelle auf der Retina wird zugleich immer mehr von Zerstreuungskreisen beeinträchtigt, bis endlich die wiederholt genannte Bedingung erfüllt und das Sehfeld frei wird. [1]

Praktisch hat es keine Schwierigkeit die passenden Abstände zu finden. Ich setze voraus, dass die Beleuchtung mittelst eines durchbohrten Concavspiegels vorgenommen wird, welcher das Licht einer Lampe gegen die sammelnde Fläche und von da weiter in das beobachtete Auge wirft und dass das Auge des Beobachters dicht hinter dem centralen Loche des Beleuchtungsspiegels stehe. Der Beobachter bestimmt dann annähernd die Entfernung, welche er vom sammelnden Spiegel (oder der Linse) einzunehmen hat, um für das Luftbild gut accommodiren zu können; in dieser Entfernung wird der Beleuchtungsspiegel aufgestellt. Hierauf ist nur nöthig das beobachtete Auge in einer Entfernung zum sammelnden Spiegel zu bringen, bei welcher das Bild des centralen Loches des Beleuchtungsspiegels sich auf der Cornea des beobachteten Auges möglichst scharf abzeichnet. Dann weiss man auch, dass das Bild der Pupille des beobachteten Auges sehr nahe der Pupillarebene des Beobachters liegt und das Sehfeld nicht einschränkt (wenn zugleich die Grössenverhältnisse des Pupillarbildes und der eigenen Pupille die richtigen sind). Die Anwendung eines schwachen, ganz nahe am Auge gehaltenen Oculars modificirt nicht wesentlich diese Regeln.

In Hinsicht auf die Beleuchtung muss noch hervorgehoben werden, dass der concave Reflexionsspiegel einen ziemlich grossen Diameter haben muss um die nöthige Lichtstärke zu geben und das Sehfeld vollständig zu beleuchten. Ich habe Spiegel von $15-20^{cm}$ Brennweite und 10^{cm} Diameter benutzt. Die gewöhnlichen Vorschriften für die Beleuchtung bei der Beobachtung des umgekehrten Bildes haben übrigens auch hier ihre Gültigkeit. Es ergiebt sich, dass die vortheilhafteste Beleuchtung erreicht wird, wenn die Lichtquelle (eine gewöhnliche Gas- oder

---

[1] Nach dem Niederschreiben dieser Abhandlung habe ich Kenntniss bekommen von einem Aufsatze von Ulrich: Das ophthalmoskopische Gesichtsfeld (*Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde.* 1881. XIX. S. 186), wo u. a. die Frage von der Stellung der Linse bei Beobachtung des umgekehrten Bildes ausführlich discutirt wird. Auch dieser Verfasser hat das Irrige der früheren Auffassung dargelegt; doch bin ich mit einem Theile seiner Ausführungen nicht ganz einverstanden.

Petroleumlampe) innerhalb der Brennweite des Reflectors sich befindet. Noch will ich bemerken, dass das centrale Loch im Reflector ziemlich klein sein muss, besonders wenn die Pupille des untersuchten Auges enger ist, oder auf bedeutende Vergrösserung abgesehen wird. Man erinnere sich, dass das Bild dieses Loches (gewöhnlich verkleinert) nahe der Pupillarebene des beobachteten Auges fällt; ist nun das Lochbild grösser oder ebenso gross als die Pupille, dann wird das Sehfeld so gut wie gar nicht beleuchtet. Und andererseits je grösser der Pupillarumfang relativ zum Bilde des Centralloches ist, desto mehr Licht fällt in das Auge hinein.

---

2. Myopisches Auge.

Bei leichter Myopie wird dieselbe Anordnung wie beim emmetropischen Auge verwandt; dabei wird die Vergrösserung, ceteris paribus, kleiner. Die Analogie mit einem Mikroskop wird hierbei sehr vollständig: die Convexlinse oder der Concavspiegel entsprechen der Collectivlinse des Mikroskops — die von beiden hervorgebrachten reellen Bilder werden mit einem Ocularglase betrachtet. Aber bei hochgradiger Myopie kann diese Combination nicht mehr angewendet werden, denn es ist klar, dass die Linse oder der Spiegel, welche dem Collectiv entsprechen, eine kleinere Brennweite haben muss, als die Entfernung des Fernpunktes des myopischen Auges, weil sonst das Luftbild des Hintergrundes vom myopischen Auge noch vor das Collectiv fallen würde. Zum Beispiel, bei einer Myopie von 5 Dioptrien, wenn also der Fernpunkt des Auges in 20 ^{cm} sich befindet, wäre es unmöglich eine Linse oder einen Spiegel von 20 ^{cm} Brennweite als Collectiv zu benutzen. In solchen Fällen wird es nothwendig, um eine beträchtliche Vergrösserung zu erreichen, mittels einer dicht am beobachteten Auge aufgestellten Concavlinse die Convergenz der austretenden Strahlen zu vermindern. Oder es kann auch, gemäss der von Liebreich bei hochgradiger Myopie vorgeschlagenen Anordnung, durch den Concavspiegel ein virtuelles Bild des vom myopischen Auge selbst entworfenen Luftbildes dargestellt werden. In dieser Weise wird eine sehr hohe Vergrösserung bei noch recht scharfen Bildern erhalten.

---

3. Hypermetropisches Auge.

Dieselbe Anordnung als bei Emmetropie wird benutzt, aber um eine relativ ebenso beträchtliche Vergrösserung zu erreichen, sind sammelnde Medien von kleinerer Brennweite nöthig.

Nachdem ich die Grundlagen dargestellt habe, auf denen nach meiner Meinung die Methode für hochgradige ophthalmoskopische Vergrösserung aufgebaut werden muss, gehe ich zu deren praktischen Ausführung über.

Bis dahin habe ich dieselbe hauptsächlich bei Versuchen an Thieren, wie Kaninchen, Hund und Frosch angewendet. Wegen der feinen Einstellung ist nöthig, dass sich das Auge nicht bewegt, was bei festgebundenen und narkotisirten Thieren zu erreichen ist. Wie alle Methoden mit fixen Augenspiegeln ist auch diese nur mit Schwierigkeit beim Menschen zu benutzen. Doch habe ich mich davon überzeugt, dass bei etwas geübten Personen deutliche und gute Bilder des menschlichen Augenhintergrundes erhalten werden können.

Das am meisten passende Versuchsthier ist wohl das Kaninchen, das sehr wenig seine Augen bewegt. Beim Albinokaninchen kommt noch dazu, dass der Chorioidalkreislauf beobachtet werden kann.

Ich habe Concavspiegel[1] den Convexlinsen vorgezogen aus folgenden Gründen: 1) wird die chromatische Aberration vermieden und die störenden Reflexe vermindert, 2) sind die Spiegel viel billiger als achromatische Linsen von der nöthigen Grösse und Brennweite, 3) wird die Versuchsanordnung für viele Zwecke bequemer, was alsbald einleuchten wird. Andererseits hätten wohl gute Linsen auch ihre Vortheile in diesem Falle wie überhaupt bei optischen Instrumenten. Die Concavspiegel, die ich gewöhnlich benutzt habe, sind, wie schon oben erwähnt, von 25, 30, 40 und 50 ^{cm} Brennweite (der letzte ist versilbert nach Foucault's Princip). Ihre Oeffnung beträgt etwa 12 ^{cm}. Die Vergrösserung, welche dieselben geben, hängt natürlich von den optischen Constanten des beobachteten Auges ab. Wenn man nach Schneller für ein Kaninchenauge die Entfernung des Knotenpunktes vom hinteren Scheitel zu annähernd 9·2 ^{mm} schätzen dürfte, so würde unter Voraussetzung von Emmetropie die Vergrösserung eine etwas mehr als 25, 30, 40 und 50 malige sein. — Bisher habe ich selten ein Ocular benutzt, weil dadurch die Methode bedeutend complicirter und das Sehfeld eingeschränkter werden, wozu noch Schwierigkeiten mit der Beleuchtung kommen. Wie hoch die Vergrösserung zu treiben ist kann ich noch nicht entscheiden; das meiste kommt dabei auf die Klarheit des beobachteten Auges an. Bei vielen Kaninchen, besonders Albinos, ist die Cornea von vornherein nicht ganz fehlerfrei und dazu sehr empfindlich, wodurch natürlich die Schärfe der Bilder in beträchtlichen Grade leidet.

---

[1] Concavspiegel sind übrigens in der Ophthalmoskopie vielfach statt Linsen angewandt; so hat z. B. Burq ein sogenanntes „Ophthalmoscope réflecteur“ angegeben (Graefe-Sämisch, *Handbuch der Augenheilkunde.* Bd. III. S. 152).

Da eine bequeme und genaue Einstellung von höchster Wichtigkeit ist, müssen besondere Einrichtungen dafür getroffen werden. Der Beleuchtungsspiegel trägt ein Kugelgelenk, dass an ein Stativ befestigt ist, in welches dieselbe gehoben und gesenkt werden kann. Der Augenspiegel selbst ist eingefasst, auf ein Stativ befestigt und um zwei Achsen beweglich; in einer sicheren Führung kann das Stativ entfernt oder genähert werden; die Neigung des Spiegels muss vom Platze des Beobachters durch feine Schraubenbewegungen verändert werden können. Das beobachtete Auge muss natürlich ganz still gehalten werden. So wird es möglich bequem und schnell das Bild des centralen Loches auf die Cornea des beobachteten Auges einzustellen und durch kleine Veränderungen der Stellung die Corneareflexe zu vermeiden.

Die Beobachtung z. B. eines Kaninchenauges wird dann in der folgenden Weise geschehen. Das Kaninchen wird auf ein Brett gebunden, in Rücken- oder Bauchlage. Gewöhnlich ist es nöthig, die Augenlider durch durchgeführte Faden auseinander zu ziehen. Atropin ist selten nöthig und auch nicht vortheilhaft für die Schärfe des Bildes. Ist das Thier curarisirt oder narkotisirt, wird natürlich vollständige Ruhe erreicht, aber auch sonst pflegen sich Bewegungen selten bis zu einem hinderlichen Grade zu steigern. Das Versuchsthier und die Instrumente werden nach folgendem Schema aufgestellt.

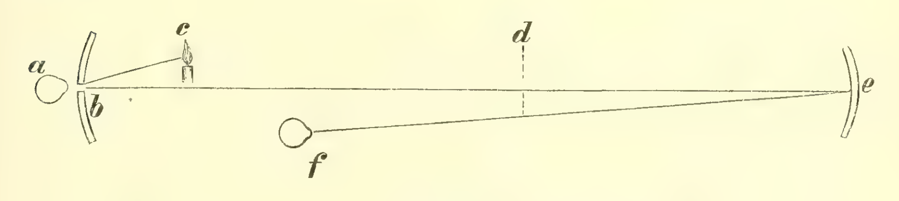


Fig. 2.

a Auge des Beobachters. *b* Reflector von 20 cm Brennweite. *c* Lampe. *d* Platz des Luftbildes. *e* Concavspiegel von 30 cm Brennweite. *f* das beobachtete Auge. Abstand *b* von *e* = 70 cm, *d* von *e* = 30 cm, *f* von *e* = 52 cm.

Das Kaninchen befindet sich also in der unmittelbaren Nähe des Beobachters, was für Veränderung der beobachteten Region des Augenhintergrundes und bei experimentellen Eingriffen sehr bequem ist. Lampe und Reflector werden so hoch gestellt, dass das Licht über dem Thiere zum Augenspiegel geworfen wird. Sind die richtigen Entfernungen einigermaassen in Acht genommen, so ist es leicht, eine scharfe Einstellung zu erreichen durch Annähern und Entfernen des vergrössernden Spiegels und durch Veränderungen seiner Neigung, indem der Beobachter durch das centrale

Loch des Reflectors gegen denselben schaut. Wenn man eine andere Stelle des Augenhintergrundes zu untersuchen wünscht, wird die Stellung des Thierauges ein wenig verändert, worauf von neuem eine scharfe Einstellung vorgenommen wird.

Mit den Vergrösserungen, die ich benutzt habe, entstehen sehr klare und scharfe Bilder der Nervenausstrahlung, der Papille, der Retina und bei Albinos der Chorioidalgefässe, endlich des Pigmentepithels beim mässig pigmentirten Chorioidea als schwarze Punkte. Ganz wesentlich ist natürlich, wie schon hervorgehoben, dass das beobachtete Auge vollkommen klar ist. In günstigen Fällen habe ich vielmals den Blutstrom in den Venen der Chorioidea und Retina und das Capillarnetz im Umfange der Papille gesehen. Bei längerer Beobachtung trocknet die stets freiliegende Cornea ein, wogegen die Befeuchtung mit einer $^1/_2$ $^0/_0$ Kochsalzlösung Hülfe leistet. Das in Tafel VII gegebene Bild von der Papille eines schwarzen Kaninchens nach der Natur gezeichnet, bei Anwendung eines Spiegels von 25 ^{cm} Brennweite, giebt eine Vorstellung von der Leistung des Apparates.

Für das hypermetropische Auge des Frosches wird eine beträchtliche Vergrösserung erreicht, schon mit Spiegeln von 25 ^{cm} Brennweite. Der Gang der Blutkörper durch die Capillaren der Hyaloidea kann beobachtet werden.

Es ist in vielen Fällen wünschenswerth einen Messapparat mit dem Spiegel zu combiniren. Um relative Maasse der Weite der Gefässe, des Durchmessers der Papille bei verschiedenen Eingriffen zu gewinnen, ist es nur nöthig ein Glas- oder Schraubenmikrometer dem Luftbilde so nahe wie möglich aufzustellen und im weiteren Gange des Versuches alle Entfernungen unverändert zu halten; beim Kanichen ist kaum nöthig die Accommodation durch Atropin aufzuheben, weil auch sonst Accommodationsbewegungen von ihnen selten gemacht werden. In dieser Weise habe ich bei vielen Experimenten Messungen ausgeführt. Absolute Maasse wären natürlich nur durch eine genaue Kenntniss der Constanten des betreffenden Auges zu erreichen möglich.

Die ophthalmoskopischen Bilder photographisch [1] zu reproduciren, wäre natürlich auch sehr werthvoll. Man müsste dann die Beleuchtung durch Sonnenlicht oder elektrisches Licht gewinnen und um nicht die Aufstellung des photographischen Apparates zu hindern, müsste eine durchsichtige Glas-

---

[1] Siehe Rosebrugh, *The Ophthalmic Review.* 1869. Vol. I. p. 119. Citirt in Graefe-Sämisch, *Handbuch der Augenheilkunde.* III. S. 145. Auch in Bezug auf die Beleuchtung: Engelhardt, *Ueber eine neue Form des Augenspiegels.* München 1878.

platte als Reflector benutzt werden. Ich habe bisher nicht Gelegenheit gehabt, Versuche in dieser Richtung zu machen.

Die Arbeiten, welche in Bezug auf die Ausbildung der oben beschriebenen Methode nöthig waren, sind im physiologischen Institute in Helsingfors und unter Mitwirkung des Hrn. Dr. C. Lundström ausgeführt; dem Hrn. Vorsteher dieses Institutes, Prof. C. Hällstén sage ich meinen Dank.

Die Methode ist früher in der Versammlung skandinavischer Naturforscher 1880 und in der Finnländischen Gesellschaft der Aerzte demonstrirt worden.

Ueber depressorische Reflexe erzeugt durch Schleimhautreizung.

Von

W. J. Belfield
aus Chicago.

Aus dem Laboratorium von Prof. v. Basch in Wien.

(Hierzu Tafel VIII.)

Seit der bekannten Entdeckung von Ludwig und Cyon[1] hat sich die experimentelle Forschung vielfach bestrebt, den Nachweis zu führen, dass depressorisch wirkende Fasern auch in anderen sensiblen Nerven vorhanden seien. So haben Dreschfeld,[2] Aubert und Röver[3] die Effecte der centralen Reizung des Vagus geprüft und hierbei, allerdings nicht constant, Depressionen gesehen. Latschenberger und Deahna[4] haben eine Reihe von Beobachtungen complicirter Natur mitgetheilt, aus denen sie folgern, dass vom Ischiadicus und Vagus aus depressorische Gefässreflexe ausgelöst werden können. Heidenhain und Grützner[5] erzählen schliesslich gelegentlich ihrer „Beiträge zur Kenntniss der Gefässinnervation", dass sie eine Reihe von Nerven auf ihre etwaige depressorische Wirkung resultatlos geprüft haben.

Von gleichem Bestreben geleitet, haben wir die centrale Wirkung jener Nerven geprüft, die vom Ganglion mesentericum posticum und vom Sacral-

---

[1] *Arbeiten aus der physiologischen Anstalt in Leipzig.* 1866.
[2] *Untersuchungen aus dem Würzburger Laboratorium.* 1867.
[3] Pflüger's *Archiv u. s. w.* Bd. I.
[4] Pflüger's *Archiv u. s. w.* Bd. XII.
[5] Pflüger's *Archiv u. s. w.* Bd. XVI.

plexus aus sich zu den Beckenorganen, daselbst dem Plexus hypogastricus constituirend, begeben. Die Reizung dieser Nerven in ihrem Stamme ergab keinen anderen Effect als die anderer sensibler Nerven. Von ganz verschiedener Wirkung war aber die Reizung begleitet, als ich dieselbe auf die Schleimhäute der Beckenorgane, also die peripheren Enden dieser und vielleicht auch anderer Nerven einwirken liess. Vorzugsweise ist es die Schleimhaut des Rectums und der Vagina auf die sich unsere Untersuchungen und die daraus sich ergebenden Resultate beziehen.

Wir wählten der Einfachheit halber den mechanischen Reiz: ein Stab der am Ende einen Kautschukring trug, wurde in das Rectum oder die Vagina eingeführt, und mit demselben die Schleimhaut sanft gerieben. Um andere als Gefässreflexe zu vermeiden, wurden die Thiere — wir verwendeten zu unseren Versuchen nur Hunde — curarisirt. Im Uebrigen war die Versuchsanordnung die bei Blutdrucksversuchen gewöhnliche. Nur eine Einrichtung, dazu bestimmt die lästigen, den Versuch störenden Blutgerinnungen möglichst unschädlich zu machen, deren ich mich auf Vorschlag des Hrn. Prof. v. Basch bediente, verdient besonderer Erwähnung, weil sich mir dieselbe von grossem Vortheile erwies. Statt die in die Carotis eingebundene Glascanüle direct mit dem zum Manometer führenden Rohr zu verbinden, wird zwischen diesem und der Canüle eine mit zwei Rohransätzen versehene Glaskugel, die selbstverständlich ebenfals mit kohlensaurem Natron gefüllt wird, eingeschaltet. Bei dieser Einrichtung währt es oft über drei Stunden bis sich so viel Gerinnungen gebildet haben, dass sie die Communication der Arterie mit dem Manometer aufheben. Behufs der Entfernung der Gerinnungen braucht man nur die Verbindung der Canüle mit der Kugel zu lösen und letztere vom Hahn des Manometers aus durchzuspülen. Die künstliche Respiration wurde stundenlang durch eine Dampfmaschine gleichmässig erhalten.

Gleich im ersten Versuche sah ich auf Reizung der Vagina — sowohl als des Rectums — eine ziemlich starke Depression des Blutdruckes. Dass es sich hier nicht um eine zufällige Erscheinung handelte, lehrten mich weitere zwölf Versuche, deren Ergebnisse aus den Tabellen ersichtlich sind, die zum Schluss dieser Abhandlung mitgetheilt werden. Aus diesen ergiebt sich, dass der Blutdruck durch die Reizung um 5 bis 52 Procent erniedrigt wurde. Am besten eignen sich zu diesen wie bekanntlich auch zu anderen, die Gefässinnervation betreffenden Versuchen, junge Thiere, die nur bis zur Aufhebung allgemeiner Reflexe curarisirt werden. Von den zwei Versuchen wenigstens, bei denen die Depression beinahe oder vollständig ausblieb, betraf der eine ein älteres, der andere ein sehr stark curarisirtes Thier.

Die Depression tritt nicht in allen Versuchen zugleich mit der Reizung ein. Ich verfüge wohl über Beobachtungen in denen sofort mit Beginn des

Reizes oder nach einer sehr geringen, nur wenige Secunden währenden Latenz, eine Depression eintrat. Beispiele hierfür geben die[1] Figg. 3 und 6, dem neunten Versuche entnommen. Manchmal dauerte es aber ziemlich lange (40 Sec.) ehe die Depression eintrat; ja in einigen Fällen beobachtete ich, dass die Depression erst nach Aufhören der Reizung zum Vorschein kam. Den ersten der beiden letzteren Fälle illustriren die Figg. 2 und 10, den letzten Fig. 1.

Auch in dem Verhalten nach der Reizung, gleichen sich die Versuche nicht vollständig; so kehrt in einigen Fällen der herabgesunkene Blutdruck bald nach Aufhören des Reizes zu seiner früheren Höhe zurück (S. Fig. 3) bald währt diese Ausgleichung ziemlich lange (Fig. 10); ja es giebt Fälle wo die einmal eingeleitete Depression fortbestehen bleibt, um bei nochmaliger Reizung in eine weitere überzugehen. Diesem Vorkommnisse begegnete ich zumeist im Beginne des Versuches — also bei den ersten Reizungen.

Wie man aus den Figuren, welche die bisherige Darstellung erläutern ersieht, geht zuweilen, ebenfalls als Folge der Reizung, dem Sinken des Blutdruckes eine mehr minder starke Steigerung desselben voraus. Diese Steigerung ist aber in der Regel keine beträchtliche, und von kurzer Dauer.

In der bisher geschilderten Weise gestalten sich die Erscheinungen in jenen Versuchen, wo der mittlere Blutdruck keine oder nur sehr geringe Schwankungen zeigte. Oefters habe ich aber beobachtet, dass nach wiederholter Reizung, mit einem Male grössere Schwankungen (sogenannte Traube-Hering'sche Wellen) auftraten. Solche Schwankungen lassen sich, wie wir erfahren haben, durch Injectionen von Chloralhydrat beruhigen, und es erschienen auch nach dieser combinirten Narkose von Curare und Chloralhydrat die depressorischen Reflexe. Nur wenn die Chloralisirung eine zu

---

[1] Ein für allemal will ich hier bezüglich der Figuren Folgendes bemerken:

1) Die Abscisse ist, um Raum zu ersparen, höher gerückt worden — um wie viel ist auf jeder Abscisse bemerkt.

2) Die auf die Abscissen aufgetragenen Marken begrenzen verschiedene Zeiträume; so betragen in Fig. 2 die betreffenden Zeitabschnitte 12 Secunden, in den Figg. 7, 8 und 9, 16 Sec., in Fig. 4, 30 Sec. und in allen übrigen 20 Sec.

3) Die Dauer des Eingriffes ist durch die über der Abscisse sich erhebende Linie angedeutet; die Art desselben bezeichnen die Buchstaben, und zwar bedeutet *V* Vagina, *R* Rectum, *O V* Orificium vaginae, *E*. Einführen des Stabes, *A* Ausführen desselben.

Bemerkt muss noch werden, dass in allen den mitgetheilten Curven die Pulse entweder gar nicht oder nur sehr undeutlich wegen der Langsamkeit, mit der das Papier am Kymographion sich abwickelte, zum Ausdruck gelangen. Nur die Athmungsschwankungen, selbstverständlich auch die grösseren Traube-Hering'schen Schwankungen, sind deutlich sichtbar.

starke, und der Blutdruck in Folge dessen sehr stark gesunken war, hörten diese Reflexe auf.

Reizt man zu einer Zeit, wo die Traube-Hering'schen Wellen[1] ausgesprochen sind, so beobachtet man häufig (Fig. 4) dass dieselben ganz oder zum Theile verschwinden; hierbei tritt zumeist eine deutliche Depression auf. In einem Falle traten schon nach Einführung des Stabes in die Vagina, worin er eine Zeitlang ruhig gelassen wurde, eine Serie regelmässiger Schwankungen auf, welche durch den einfallenden Reiz — Reiben mittelst des Stabes — verwischt wurden, um wieder bei ruhender Lage des Stabes anzufangen.

Dies sind im Grossen und Ganzen, die Erscheinungen, die mit ziemlicher Constanz nach Reizung der Vaginal- und Rectalschleimhaut auftreten. Ich sage mit ziemlicher Constanz weil dieser Reizerfolg nur bei einem Thiere ausblieb. Hier war die Reizung von keiner Depression, sondern nur von einer Erhöhung des Blutdruckes gefolgt.

Ich habe bisher im Allgemeinen die Schleimhaut des Rectums und der Vagina als jene Oertlichkeit bezeichnet, von der die depressorischen Reflexe ausgehen. Nun ist es allerdings richtig, dass ich meine Resultate grossentheils so erzielte, dass ich die gesammte Schleimhaut des Rectums und der Vagina reizte. Ich habe aber im Verlaufe der Versuche die Erfahrung gemacht, dass den den äusseren Orificien nahe gelegenen Partien der Schleimhaut, ja der Schleimhaut der Orificien selbst, zumeist diese eigenthümliche Art der Erregungsfähigkeit zukomme; das Orificium vaginae namentlich besitzt im höherem Grade die Eigenschaft, Depression des Blutdruckes zu erregen. Zeuge dafür ist die Fig. 7, welche einem Versuche entnommen ist, wo ein leiser Fingerdruck genügte, die abgebildete Depression hervorzurufen. Ich habe häufig ferner beobachtet dass die Depression gerade beim Ein- und Ausführen des Stabes am tiefsten war. (Figg. 8 und 9.)

Nicht von gleicher Wirkung ist die Reizung der tieferen Schleimhautpartien, die, wie wir erfahren haben, eher zu einer Erhöhung als zu einer Senkung des Blutdruckes führt. Durch diese Erfahrungen werden, wie mir scheint, nicht nur die Beobachtungen aufgeklärt, in denen der Depression eine Erhebung des Blutdruckes vorausging, sondern auch diejenigen in denen die Reizung nur von einer Blutdruckssteigerung gefolgt wurde. Durch die Reizung einer grösseren, beziehungsweise tieferen Schleimhautpartie, werden also, wie ich annehmen muss, nicht nur Nerven erregt die depressorische, sondern auch solche, die pressorische Impulse zu den Centren leiten. Hier-

---

[1] Wir benennen so alle grösseren Blutdrucksschwankungen, wiewohl wir uns der Ueberzeugung nicht hingeben können, dass sie alle auf gleiche ursächliche Momente zurückzuführen sind.

nach ist zunächst zu folgern, dass der Effect der Reizung davon abhängt, ob die gereizte Stelle nach der einen oder der anderen Richtung eine Empfindlichkeit besitzt. Wir müssen aber auch aus unseren Versuchen schliessen, dass die Art des Reflexes ausserdem auch von dem Zustande der centralen Gebilde abhängt, in denen derselbe zur Auslösung gelangt. Zu wiederholten Malen nämlich sah ich die Reflexe bei Aenderung der Narkose verschwinden, auch später wieder auftreten, ohne dass ich sagen konnte, dass in der Art und Weise des Reizes wesentliche Aenderungen vorgenommen wurden. Ich beobachtete ferner, dass, wenn sich zu der Curarisirung die Chloralhydratnarkose gesellte, die Entwickelung und der Ablauf der Reflexe wesentlich verlangsamt wurden. (S. Fig. 10.)

Schon aus diesen letzeren Gründen könnten die Depressionserscheinungen, die ich eben geschildert, kaum anders denn als reflectorisch gedeutet werden, und ich habe in der Darstellung diese Deutung schon anticipirt, indem ich ja durchweg von depressorischen Reflexen gesprochen habe. Immerhin könnte aber diese Deutung einen Einwand erfahren; man könnte nämlich behaupten, dass die durch das Manometer aufgezeichneten Blutdrucksänderungen in localen Gefäss-dilatationen oder -contractionen ihren Grund haben. Dagegen spricht der Umstand, dass eine Veränderung innerhalb so kleiner Gefässgebiete wie diejenigen sind, auf die sich unsere Reizung erstreckte, erfahrungsgemäss nicht in einer wesentlichen Aenderung der Carotisspannung zum Ausdruck kommt. Zu dem bin ich in der Lage den festen Beweis zu liefern, dass es sich in unseren Versuchen wirklich um reflectorische Vorgänge handelt, denn es ist mir gelungen, die Bahnen zu bestimmen, längs derer der Reiz zu den Centren geleitet wird, also die centripetalen Bahnen, so wie jene auf denen sich die Erregung des Centrums centrifugal fortgepflanzt. Letzteres geschieht auf der Bahn der Nervi splanchnici. Hat man nämlich in Versuchen in denen eine exquisite Depression nachweisbar war, die beiden Nn. splanchnici majores oberhalb des Zwerchfelles in der Brusthöhle durchschnitten, so bewirkt Reizung der Schleimhäute gar keinen depressorischen Effect, höchstens machen sich noch als Folge der Reizung sehr geringe Steigerungen des Blutdruckes bemerkbar, was nicht unerklärlich erscheint, da ja bekanntlich mit der Durchschneidung der Nn. splanchnici nicht alle vasoconstrictorische Nerven der Unterleibsgefässe gelähmt werden.

Die Durchschneidung der Eingangs erwähnten zu den Beckenorganen ziehenden Nerven änderte nur wenig an dem Erfolge der Reizung; dagegen vernichtete die Durchschneidung des Lendenmarkes vollständig den Effect derselben. Nach diesem letzteren Eingriffe bewirkte der Reizung nicht einmal eine leichte Blutdruckserhöhung. Die Erfolge dieser beiden Durchschneidungsversuche giebt die vollste Berechtigung zu dem Schlusse, dass die aus

dem Lendenmark entspringenden Nerven die centripetalen Bahnen darstellen, und dass die Nn. splanchnici die depressorischen Impulse zu den Gefässen leiten. Da in unseren Versuchen sowohl wie in den mit dem Nervus depressor von Ludwig und Cyon angestellten Versuchen die Splanchnicusdurchschneidung die gleiche Wirkung hervorruft, so darf wohl angenommen werden, dass es sich hier wie dort um eine Herabsetzung des Tonus der Splanchnicusursprünge handelt.

Diese Annahme macht es auch verständlich, dass die Reizung, wo sie auf ein gleichmässig tonisirtes Splanchnicuscentrum trifft, eine wirkliche Depression veranlasst; dass sie aber in Fällen, wo dieser Tonus kein gleichmässiger ist, und wo ein Spiel rhythmischer Erregungen sich in den Blutdrucksschwankungen offenbart, zu einer Beruhigung dieser rhythmischen Erregung, also zu einer Verflachung der Blutdruckscurve führt.

Die Frage, welches jene Nerven seien, die die depressorischen Impulse zum Centrum leiten, ist durch die vorliegende Untersuchung nur zum Theile gelöst; denn durch dieselbe ist bloss festgestellt, dass den das hypogastrische Geflecht constituirenden Nerven diesbezüglich keine wesentliche Rolle zukommt, und dass die die Depression vermittelnden Nerven das Lendenmark durchziehen. Weitere Untersuchungen müssen darthun, ob es in diesem Bereiche Bahnen giebt, die ähnlich dem Nervus depressor nur depressorische Reflexe auslösen oder ob die in der Schleimhaut der Vagina und des Rectums wurzelnden, die pressorischen und depressorischen Reflexe vermittelnden Fasern, immer in einem Stamme vereinigt sind.

Bei dem ausgesprochenen Erfolge zu dem die Reizung der Vaginal- und Rectalschleimhaut führte, lag es wohl nahe, auch andere Schleimhäute nach dieser Richtung zu prüfen. So reizte ich in einem Versuche wiederholt die Uterinalschleimhaut, und fand auch hier die Reizung von Depressionen gefolgt. Es kann mir nicht beifallen auf Grund dieses isolirten Befundes den Satz auszusprechen, dass auch von der Uterinalschleimhaut aus depressorische Reflexe ausgelöst werden; immerhin schien mir diese Beobachtung wichtig genug um nicht verschwiegen zu werden.

Es folgen nun die tabellarisch geordneten Versuchsresultate.

I. Versuch. — Mittelgrosse, junge Hündin. 5 Ccm einer $^{1}/_{3}$ procentigen Curarelösung eingespritzt. Respiration 24 per Minute.

Zahl der Reizungen.	Mittlerer Blutdruck in Mm. Hg. vor der Reizung.	Minimum des mittleren Blutdrucks in Folge der Reizung.	Mittlerer Blutdruck nach der Reizung.	Ort der Reizung.	Bemerkungen.
1	150	131	149		
2	147	130	146		
3	145	121	141		
4	140	119	143		
5	141	119	139		
6	137	131	140	Vagina.	
7	138	116	137		Siehe Fig. 2.
8	137	117	140		
9	130	111	131		
10	129	114	127		

II. Versuch. — Kleiner Hund. $3^{1}/_{2}$ Ccm einer $^{1}/_{2}$ procentigen Curarelösung.

Zahl der Reizungen.	Mittlerer Blutdruck in Mm. Hg. vor der Reizung.	Minimum des mittleren Blutdrucks in Folge der Reizung.	Mittlerer Blutdruck nach der Reizung.	Ort der Reizung.	Bemerkungen.
1	138	128	138		
2	142	128	142		
3	140	132	140		
4	141	131	142		
5	138	123	138	Retina.	Schwankungen — 125 bis 141 mm — 7 Minuten nach der Reizung andauernd.
6	144	138	146		
7	143	135	147		
8	131	123	130		
9	127	119	128		
10	128	117	122		

III. Versuch. — Mittelgrosser Hund. 16 Ccm einer $^{1}/_{4}$ procentigen Curarelösung. Wegen Traube-Hering'scher Wellen wurde 0·2 Chloralhydrat eingespritzt.

Zahl der Reizungen.	Mittlerer Blutdruck in Mm. Hg. vor der Reizung.	Minimum des mittleren Blutdrucks in Folge der Reizung.	Mittlerer Blutdruck nach der Reizung.	Ort der Reizung.	Bemerkungen.
1	109	76	102		
2	104	54	91		
3	90	42	95	Retina.	Siehe Fig. 1. Vagusreizung während Erholung.
4	100	75	102		
5	103	53	104		Nach der fünften Reizung traten bedeutende Wellen auf, zu deren Beruhigung so viel Chloralhydrat eingesprizt werden musste, dass der Blutdruck bis auf 34 mm Hg. sank. In diesem Zustand blieben alle Reizungen ohne deutlichen Effect auf den Blutdruck.

IV. Versuch. — Kleine Hündin. 6 Ccm einer $^1/_3$ procentigen Curarelösung; später, wegen Wellen, 0·3 Chloralhydrat.

Zahl der Reizungen.	Mittlerer Blutdruck in Millim. Hg vor der Reizung.	Minimum des mittleren Blutdrucks in Folge der Reizung.	Mittlerer Blutdruck nahe der Reizung.	Ort der Reizung.	Bemerkungen.
1	78	68	79	Vagina.	
2	79	65	80		
3	74	65	77		
4	74	56	67		
5	68	53	71		
6	73	54	73		
7	75	58	75		
8	75	61	74		
9	75	58	71		
10	71	59	73		
1	76	59	75	Rectum.	
2	75	60	76		
3	75	56	69		
4	67	59	70		
5	78	58	75		
6	81	72	84		
7	80	65	79		
	—	—	—		Beide Ram. hypogastr. durchschnitten.[1]
8	77	64	75		
	—	—	—		Ram. rectalis durchschnitten.
9	72	69	72		
10	72	69	71		
	—	—	—		Beide Nervi erigentes durchschnitten.[2]
11	60	59	60		

V. Versuch. — Mittelgrosser Hund. 6 Ccm einer $^1/_2$ procentigen Curarelösung.

Zahl der Reizungen.	Mittlerer Blutdruck in Millim. Hg vor der Reizung.	Minimum des mittleren Blutdrucks in Folge der Reizung.	Mittlerer Blutdruck nahe der Reizung.	Ort der Reizung.	Bemerkungen.
1	151	141	150	Rectum.	
2	150	139	146		
	—	—	—		Wegen aufgetretener Schwankungen wurden die Vagi durchschnitten und 0·2 Chloralhydrat eingespritzt.
3	66	56	56		
4	56	(78)	61		Keine Senkung.
5	61	56	62		Spätere Reizungen veranlassten nur Steigerungen — bis 15 Procent des gesammten Blutdruckes.

[1] Der Kürze halber bezeichne ich die vom Gang. mes. p. zum Plex. hypog. ziehenden Nerven als Ram. hypogastrici, und einen dritten ebenfalls aus demselben Ganglion entspringenden zum Rectum sich begebenden Nerven als Ram. rectalis.

[2] Ich nenne so auch die entsprechenden Nerven bei der Hündin.

VI. Versuch. Kleine Hündin, curarisirt.

Zahl der Reizungen.	Mittlerer Blutdruck in Millim. Hg vor der Reizung.	Minimum des mittleren Blutdrucks in Folge der Reizung.	Mittlerer Blutdruck nach der Reizung.	Ort der Reizung.	Bemerkungen.
1	53	43	54	Rectum.	
2	54	46	53		
	—	—	—		Chloral wegen Schwankungen.
3	34	24	31		
4	31	26	34		
	—	—	—		Beide Nn. erigentes durchschnitten.
5	30	29	31		
	—	—	—		Beide Ram. hypog. durchschnitten.
6	30	26	30		
	—	—	—		Ram. rect. durchschnitten.
7	30	30	30		
1	48	42	50	Vagina.	
2	47	37	45		
3	41	34	42		
4	40	35	44		
5	44	30	40		
6	35	30	33		
	—	—	—		Nn. erigentes durchschnitten.
7	26	23	26		Beide Ram. hypog. durchschnitten.
	—	—	—		Ram. rect. durchschnitten.
8	26	26	26		

VII. Versuch. — Kleine junge Hündin. $1\frac{1}{2}$ Ccm einer $\frac{1}{2}$ proc. Curarelösung.

Zahl der Reizungen.	Mittlerer Blutdruck in Millim. Hg vor der Reizung.	Minimum des mittleren Blutdrucks in Folge der Reizung.	Mittlerer Blutdruck nach der Reizung.	Ort der Reizung.	Bemerkungen.
1	164	138	144	Rectum.	
2	142	114	136		
3	130	93	131		
	—	—	—		$\frac{1}{2}$ Ccm Curarelösung.
4	118	82	106		
	—	—	—		Ram. rect. durchschnitten.
5	132	75	95		
	—	—	—		Nn. erigentes durchschnitten.
6	106	93	100		
	—	—	—		Ram. hypogastr. durchschnitten.
7	103	97	100		
1	125	113	122	Vagina.	
2	111	96	107		
3	109	100	105		
4	104	99	102		
5	98	97	103		
6	104	92	101		
	—	—	—		Alle fünf Nerven durchschnitten.
7	94	88	99		

VIII. Versuch. — Mittelgr., älterer Hund. 4 Ccm einer $^1/_2$ proc. Curarelösung.

Zahl der Reizungen.	Mittlerer Blutdruck in Millim. Hg vor der Reizung.	Minimum des mittleren Blutdrucks in Folge der Reizung.	Mittlerer Blutdruch nach der Reizung.	Ort der Reizung.	Bemerkungen.
1	174	160	172	Retina.	Schwankungen wurden durch Reizung ausgeschaltet.
2	173	159	167		
3	169	158	173		
	—	—	—		Eine Stunde lang ergab sich nach wiederholter Reizung keine beträchtliche Depression. Nur die Form und Grösse der vorhandenen Schwankungen wurden etwas abgeändert. Um die Schwankungen auszuschalten wurde Chloralhydrat (0·8) gegeben.
4	69	95	81		
5	81	101	85		
	—	—	—		Sechs weitere Reizungen veranlassten unbedeutende Erhöhungen des Blutdrucks.
7	81	73	80		
8	84	81	85		
9	85	82	85		
10	87	82	88		
	—	—	—		Sechs weitere Reizungen lieferten ähnliche kleine Depressionen.
	—	—	—		Alle fünf Nerven wurden durchschnitten.
11	100	93	98		
	—	—	—		Mehrere (7) Reizungen bewirken kleine Depressionen.
12	88	81	89		
13	90	83	89		
14	90	84	96		
15	97	87	106		
16	110	88	110		
17	111	89	113		Siehe Fig. 10. Der Versuch hatte schon $3^3/_4$ Stunden gedauert.
—	—	—	—		Die beiden Plexus hypogastrici ausgeschnitten.
18	120	111	121		

IX. Versuch. — Kleine Hündin. $1^1/_2$ Ccm einer $^1/_2$ proc. Curarelösung.

Zahl der Reizungen.	Mittlerer Blutdruck vor der Reizung.	Minimum des mittleren Blutdrucks in Folge der Reizung.	Mittlerer Blutdruch nach der Reizung.	Ort der Reizung.	Bemerkungen.
1	170	131	142	Retina.	
2	140	125	140		Kurzdauernde Senkung bei der Einführung des Stabes.
3	140	120	131		
4	134	111	133		Siehe Fig. 3.
5	133	110	131		

(Fortsetzung des IX. Versuchs.)

Zahl der Reizungen.	Mittlerer Blutdruck in Millim. Hg vor der Reizung.	Minimum des mittleren Blutdrucks in Folge der Reizung.	Mittlerer Blutdruck nach der Reizung.	Ort der Reizung.	Bemerkungen.
	—	—	—		Curarelösung $^1/_2$ Ccm.
6	102	91	106		Siehe Fig. 5.
	—	—	—		Nn. erigentes durchschnitten.
7	107	86	106		
	—	—	—		Ram. hypogastr. durchschnitten.
8	106	89	106		
	—	—	—		Ram. rectalis durchschnitten.
9	99	90	105		
10	105	94	103	Retina.	
	—	—	—		Beide Plexus hypogast. ausgeschnitten.
11	108	92	103		
	—	—	—		Beide Nn. splanchnici durchschnitten.
12	73	80	73		
13	73	81	73		
	—	—	—		Lendenmark durchschnitten.
14	74	75	75		
15	74	75	74		
1	135	115	138		
2	134	109	134		Siehe Fig 3.
3	126	104	133		
	—	—	—		Curarelösung $^1/_2$ Ccm.
4	102	73	102		Siehe Fig. 5.
	—	—	—		Nn. erigentes durchschnitten.
5	94	84	104		
6	100	80	103		
	—	—	—		Rami hypogastr. durchschnitten.
7	100	88	107		
	—	—	—		Ramus rectalis durchschnitten.
8	105	77	95		Siehe Fig. 6.
9	100	84	105	Retina.	
	—	—	—		Beide Plexus hypogast. ausgeschnitten.
10	107	91	108		
11	108	93	108		
	—	—	—		Nn. splanchnici durchschnitten.
12	43	46	43		
13	43	46	43		
14	44	49	44		
15	46	49	46		
16	48	52	47		Spur einer Depression.
	—	—	—		Lendenmark durchschnitten.
17	49	49	49		
18	49	50	49		

X. Versuch. — Kleine junge Hündin. 2 Ccm einer $^1/_2$ proc. Curarelösung. Depressionen traten zumeist beim Ein- und Ausführen des Stabes auf.

Zahl der Reizungen.	Mittlerer Blutdruck in Millim. Hg vor der Reizung.	Minimum des mittleren Blutdrucks in Folge der Reizung.	Mittlerer Blutdruck nach der Reizung.	Ort der Reizung.	Bemerkungen.
1	104	91	102		
2	105	96	105		Siehe Fig. 8.
3	100	92	104		
4	104	94	100		
5	106	94	104		
6	89	82	92		
	93	80	93		Siehe Fig. 9. Es wurde keine Reizung ausgeführt — bloss Ein- und Ausführung des Stabes.
	93	80	91		Einfacher Druck auf das Perinaeum.
7	82	77	87	Retina.	
8	83	80	92		
	—	—	—		$2^1/_2$ Ccm Curarelösung.
9	124	79	108		
10	107	71	103		
11	102	68	95		Siehe Fig. 4.
	—	—	—		Nn. splanchnici durchschnitten.
12	62	68	62		
13	25	57	52		
	—	—	—		Lendenmark durchschnitten.
14	50	50	50		
1	139	122	133		
2	102	92	104		
3	104	87	103		
	—	—	—		$2^1/_2$ Ccm Curarelösung.
4	95	64	88	Vagina.	
5	88	64	90		Siehe Fig. 4.
	—	—	—		Nn. splanchnici durchschnitten.
6	62	67	61		
	—	—	—		Lendenmark durchschnitten.
7	51	52	51		

XI. Versuch. — Kleine ältere Hündin. Die Vagina sehr gross und schlaff. 3 Ccm einer $^1/_2$ procentigen Curarelösung.

Zahl der Reizungen.	Mittlerer Blutdruck vor der Reizung.	Minimum des mittleren Blutdrucks.	Mittlerer Blutdruck nach der Reizung.	Ort der Reizung.	Bemerkungen.
1	88	88	88		Erhöhung beim Anfang bis auf 96 mm.
2	87	87	88		„ „ „ „ „ 94 „
3	84	82	85	Retina.	„ „ „ „ „ 36 „
4	70	67	70		„ „ „ „ „ 77 „
5	70	68	70		„ „ „ „ „ 80 „
	—	—	—		Lendenmark durchschnitten.
7	69	70	69		

(Fortsetzung des XI. Versuchs.

Zahl der Reizungen.	Mittlerer Blutdruck in Millim. Hg vor der Reizung.	Minimum des mittleren Blutdrucks in Folge der Reizung.	Mittlerer Blutdruck nach der Reizung.	Ort der Reizung.	Bemerkungen.
1	113	104	109	Vagina.	Erhöhung Anfangs auf 125 mm.
2	87	83	87		„ „ „ 90 „
3	92	84	91		„ „ „ 98 „
4	89	85	87		„ „ „ 91 „
5	69	65	69		„ „ „ 71 „
6	67	65	68		„ „ „ 73 „
—	—	—	—		Lendenmark durchschnitten.
7	69	70	69		

XII. Versuch. — Kleine junge Hündin. — 2 Ccm einer ½ procentigen Curarelösung. Reizung der Vagina und des Rectums veranlasste deutliche Steigerungen und nur kleinere Senkungen; dagegen verursachte ein leichter Fingerdruck auf die Vulva bedeutende Depression ohne jedwede Steigerung. Siehe Fig. 7.

Zahl der Reizungen.	Mittlerer Blutdruck in Millim. Hg vor der Reizung.	Minimum des mittleren Blutdrucks in Folge der Reizung.	Mittlerer Blutdruck nach der Reizung.	Ort der Reizung.	Bemerkungen.
1	161	148	159	Vagina.	Steigerung Anfangs auf 178 mm.
2	143	139	148		„ „ „ 172 „
3	106	88	96		„ „ „ 116 „
1	139	128	135	Fingerdruck auf das Orificium vaginae.	
2	133	124	135		
3	136	127	142		
	—	—	—		½ Ccm Curarelösung.
4	124	98	117		Siehe Fig. 7.
5	107	94	106		
6	90	78	90		
7	95	82	96		
8	96	84	95		
	—	—	—		Nn. splanchnici durchschnitten.
9	37	38	37		
10	37	39	37		
	—	—	—		Lendenmark durchschnitten.
11	37	37	37		

XIII. Versuch. — Mittelgrosser Hund. 2 Ccm einer 1/2 procentigen Curarelösung. Athmungsschwankungen sehr gross. Mehrere Reizungen des Mastdarmes veranlassten nur undeutliche Veränderungen. Um die Schwankungen auszuschalten wurde Chloralhydrat 0·6 eingespritzt. Jetzt erscheinen bei jeder Reizung bedeutende Erhöhungen, aber keine Depression des Blutdruckes (Reihe 1 und 2 in der Tabelle.)

Zahl der Reizungen.	Mittlerer Blutdruck in Millim. Hg vor der Reizung.	Minimum des mittleren Blutdrucks in Folge der Reizung.	Mittlerer Blutdruck nach der Reizung.	Ort der Reizung.	Bemerkungen.
1	65	78	71	Rectum.	
2	60	78	69		
	—	—	—		Die wieder aufgetretenen Wellen wurden durch Chloralhydrat beseitigt. Dann traten bei jeder Reizung beträchtliche Steigerungen mit nachfolgender kleiner Depression auf. Nach weiteren Chloralhydratdosen erschienen nach den Reizungen deutliche Depressionen mit oder ohne nachfolgende Steigerungen. Die Reizungen 3 bis inclusive 6 beziehen sich auf diesen Versuchsabschnitt.
3	70	61	70		
4	70	66	72		
5	74	63	74		
6	79	70	79		
	—	—	—		Wieder traten störende Wellen auf, welche durch Chloralhydrat beseitigt wurden. Nachher wurden durch Reizung bloss Steigerungen (7. und 8. Reizung) erzielt.
7	68	76	68		
8	66	72	66		

XIV. Versuch. — Mittelgrosser Hund, sehr stark curarisirt (10 Ccm einer 1/2 procentigen Lösung). Blutdruck niedrig; keine Muskelzuckungen beim Ersticken am Schlusse des Versuches. Keine Depression wurde beobachtet.

Zahl der Reizungen.	Mittlerer Blutdruck in Millim. Hg vor der Reizung.	Minimum des mittleren Blutdrucks in Folge der Reizung.	Mittlerer Blutdruck nach der Reizung.	Ort der Reizung.	Bemerkungen.
1	54	59	54	Rectum.	
2	54	62	51		
3	49	52	49		
	—	—	—		Nn. erigentes durchrissen.
4	49	50	49		
	—	—	—		Die Rami hypog. und der Ram. rectalis durchschnitten.
5	52	54	52		
					Durchreissung der Nn. erigentes veranlasste eine Steigerung von nur 5 mm (51 auf 56).

Wien, 2. April 1882.

Ueber die Einwirkung der Kohlensäure des Blutes auf das Athemcentrum.

Von

J. Bernstein.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Halle.)

(Hierzu Taf. IX—XIII.)

Einleitung und Methode.

Nachdem es durch die Untersuchungen von Rosenthal[1] äusserst wahrscheinlich geworden war, dass die Thätigkeit des Athemcentrums vornehmlich durch den O-gehalt des Blutes bestimmt wird, derart, dass dasselbe um so stärker erregend wirkt, je O-ärmer es ist, wurde bekanntlich von Pflüger[2] der directe Nachweis geführt, dass die durch Athmung in indifferenten Gasen hervorgerufene Dyspnoe nur mit einer Verarmung des Blutes an O und nicht mit einer Anhäufung von CO_2 verbunden ist. Hingegen ist auch von Rosenthal und später von Pflüger und Dohmen hinzugefügt worden, dass eine Anhäufung von CO_2 im Blute selbst bei genügender O-zufuhr eine entschiedene dyspnoische Verstärkung der Athembewegungen hervorruft, und so hat sich denn die Anschauung eingebürgert, dass die Thätigkeit des Athemcentrums nicht nur in obigem Sinne von dem O-gehalt des Blutes sondern auch direct von der CO_2 desselben beeinflusst wird.

Es schien mir nun einer weiteren Untersuchung bedürftig zu sein, die Rolle welche die CO_2 bei diesem Vorgange spielt, klarer fest zu stellen. Dass dieses Gas im Stande ist, schon in kleinen Quantitäten mit einer genügenden Luftmenge zugleich eingeathmet, heftige Respirationsbewegungen

[1] Rosenthal, J., *Die Athembewegungen.* Berlin 1862.

[2] Ueber die Ursache der Athembewegungen, der Dyspnoe und Apnoe. Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1868. S. 61.

hervorzubringen, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man ein Thier ein solches Gasgemenge aus einem Spirometer athmen lässt. Die hierbei erfolgenden Athembewegungen haben ganz den Charakter der dyspnoischen ohne dass sie, wenn der CO_2-Gehalt kein zu grosser ist, zu allgemeinen Krämpfen und zur Asphyxie führen. Die Constatirung dieser Thatsache allein kann aber zu weiteren Schlussfolgerungen zunächst nicht dienen, und ich glaubte daher in diesen Gegenstand tiefer eindringen zu können, wenn ich den Typus der Athembewegungen, welche durch CO^2-Athmung erzeugt werden, genauer untersuchen würde.

Ich stellte mir daher die Aufgabe, den Ablauf der dyspnoischen Athembewegungen, welche bei der Athmung eines indifferenten Gases und einer Luft-CO_2-Mischung erfolgen, mit Hülfe einer möglichst genauen graphischen Methode mit einander zu vergleichen.

Unter den verschiedenen graphischen Methoden, die Athembewegungen aufzuzeichnen, habe ich nur diejenigen ausgewählt, welche über den Zustand des Thorax im Ganzen Auskunft geben, und diejenigen bei Seite gelassen, welche nur die Contractionen eines einzelnen Respirationsmuskels bez. von Muskelgruppen oder die Veränderungen einzelner Durchmesser des Thorax darstellen — Methoden, zu denen der Rosenthal'sche Phrenograph oder der Marey'sche Pneumograph benutzt werden können. Eine andere von Marey angegebene, auch von Bert[1] benutzte Methode, verzeichnet mittels des Marey'schen Tambours die Druckschwankungen in einer grossen Flasche, deren Luft ein- und wieder zurückgeathmet wird.

Diese von Gad[2] modificirte Methode, welcher die Volumsschwankungen der Luft in dem Raum aufzeichnet, aus welchem geathmet und in den wieder ausgeathmet wird, hat den Uebelstand, dass sich die Zusammensetzung der Respirationsluft während des Versuches continuirlich ändert, so dass der Versuch kein genaues Resultat geben kann, wenn es sich um den Einfluss dieser Luft handelt. Gänzlich zu verwerfen sind die Methoden, bei welchen man nur die Druckschwankungen in der Trachea beobachtet, denn diese fallen während der Dauer der In- und Exspiration immer auf Null zurück.

Ein sehr genaues Bild von den Erweiterungen und Verengerungen des Thorax geben uns dagegen die in demselben stattfindenden Druckschwankungen. Dieselben durch Einführung einer Canüle in die Pleurahöhle zu messen hat das Missliche, dass sich die Canüle leicht durch die Thoraxbewegung verlagert und gelegentlich verstopft, und dass die Verletzung des Thorax, abgesehen vom schwer zu vermeidenden Lufteintritt, leicht Aende-

[1] P. Bert, *Leçons sur la physiologie comparée de la respiration.* p. 203.

[2] Ueber einen neuen Pneumatographen. *Dies Archiv.* 1879. S. 181.

rungen der Respiration erzeugen könnte. Obgleich diese Methode, wie ein paar Versuche lehrten, auch brauchbare Resultate geben kann, so ist sie doch nicht zu ausgedehnter Anwendung gekommen.

Von Ceradini[1] ist meines Wissens zuerst gezeigt worden, dass man die Druckschwankungen im Thorax gut beobachten kann, wenn man eine Canüle durch den Oesophagus in denselben einführt und mit einem Manometer verbindet. Dieser Oesophagus-Methode, wie sie in Folgendem kurz genannt werden mag, habe ich mich schon seit Jahren öfter bedient, um die Wirkungen der Vagusreizung zu demonstriren, und ich habe zu diesem Zwecke die Canüle statt mit einem Manometer mit dem Marey'schen Tambour verbunden. In letzter Zeit hat auch Rosenthal[2] diese Methode benutzt, um damit seine älteren Beobachtungen über den Einfluss des Vagus zu bestätigen und zu erweitern.

Ueber die Vorzüge dieser Methode spricht sich Rosenthal ausführlich aus. Zu beachten ist hierbei, dass die Nulllinie des Instrumentes nicht mit der Abscisse, welche der Ruhelage des Thorax entspricht, zusammenfällt, sondern von dem Phasenmoment abhängt, in welchem man die Verbindung mit der Canüle hergestellt hat. Rosenthal erreicht diese Uebereinstimmung dadurch, dass er ein zwischengeschaltetes T-Rohr durch einen Hahn in dem Momente der Respirationspause schliesst. Indess da diese oft sehr kurz ist und wir nicht sicher sind, ob die Exspiration in jedem Falle eine rein passive ist, so habe ich auch in einigen Versuchen, wo es darauf ankam, die absolute Abscisse für die Curven nachträglich nach Chloroformtod des Thieres verzeichnet. In einigen Versuchen ist es mir auch gelungen die absolute Abscisse durch Herbeiführung einer Apnoe zu ermitteln. Im Uebrigen kam es bei den meisten Versuchen auf eine genauere Feststellung dieser Abscisse nicht an.

Obgleich ich nun die Oesophagus-Methode in einer grossen Reihe von Versuchen mit gutem Erfolge angewendet habe, so zeigte sich in vielen Fällen doch eine erhebliche Fehlerquelle, sobald die Cardia nicht genügend schloss.

Sobald dies stattfindet, schwankt natürlich die jeweilige Abscisse beträchtlich, besonders wenn bei starken Exspirationen Magengase in den Oesophagus eintreten, und die Curven verlieren dadurch erheblich an ihrem

---

[1] Siehe: Luciani, del fenomeno di Cheyne e Stokes. 1879. — Sulle oscillazioni della pressione intratoracica e intradominale, *Archivio del Bizzozero*. II. 1877. — Von Hrn. C. Ludwig habe ich brieflich erfahren, dass Hr. Ceradini diese Methode im Jahre 1870 in Leipzig erfunden hat.

[2] Neue Studien über Athembewegungen. *Dies Archiv*. 1880. S. 34 u. 1881. S. 39.

Werthe. Eine Unterbindung des Oesophagus an der Cardia vorzunehmen, unterliess ich wegen des zu grossen damit verbundenen Eingriffes, versuchte aber den Oesophagus unten durch Einführung eines Elfenbeinstopfens, der an einem Katheter befestigt war, zu verschliessen. Dies gelingt zwar einigermaassen, indess wird hierdurch die Ausgiebigkeit der Druckschwankungen in der Marey'schen Trommel sehr beeinträchtigt.

Ich bediente mich deshalb noch eines anderen Verfahrens, welches, wie mir scheint, von jedem erheblichen Fehler frei ist und den besonderen Vorzug hat, jeden operativen Eingriff und jede Beeinträchtigung der Athembewegungen zu umgehen. Dasselbe besteht darin, dass das Thier in einen geschlossenen Behälter hineingesetzt wird und durch ein Rohr von Aussen her Luft athmet. Ein zweites Rohr, welches in den Behälter hineinführt, wird mit dem Schlauch der Marey'schen Trommel verbunden, deren Hebel die mit den Respirationen erfolgenden Druckschwankungen der Luft des Behälters anzeigt. Man erhält auf diese Weise äusserst präcise Curven, deren Hebungen den Inspirationen, deren Senkungen den Exspirationen entsprechen.

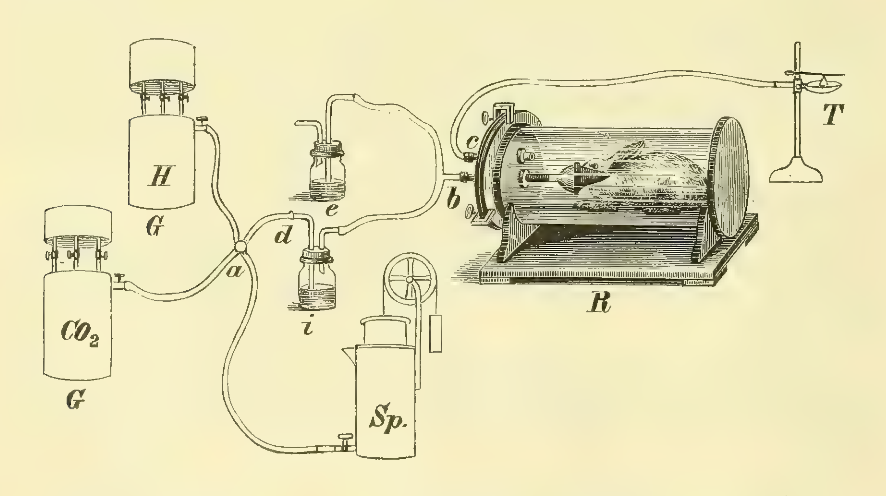


Fig. 1.

Der Behälter bestand, wie Fig. 1 zeigt, aus einem horizontal gelagerten Glascylinder von 40 cm Länge und 22 cm Durchmesser, der in einem passenden Holzgestell lagert. Er besitzt einen eingekitteten Messingrand mit abgeschliffener Fläche, auf welche ein abgeschliffener Messingdeckel gut gefettet durch eine Anzahl Klemmen dicht aufgesetzt werden kann. Der Deckel ist von zwei Messingröhren durchbohrt, welche nach Aussen 3 cm, nach Innen 2 cm weit hervorragen. Das eine in der Mitte befindliche

Rohr wird innen mit dem Thier verbunden, das andere etwas seitlich liegende aussen mit der Trommel. Der Versuch gelingt in dieser Weise vortrefflich, nicht nur wenn man durch eine Trachealcanüle von Aussen athmen lässt, sondern auch sehr schön, wenn man statt dessen eine Kautschuckkappe [1] über die Schnauze des Thieres schiebt und diese mit dem Athmungsrohr des Behälters verbindet. Der eben beschriebene Apparat wurde für grosse Kaninchen gebraucht, für kleinere Thiere wurde ein schmälerer Cylinder angewendet. Auch habe ich in den ersten Versuchen einen schon im Institut vorhanden gewesenen aufrecht stehenden cylindrischen Behälter dieser Art benutzt, der aber viel unbequemer war. Dann wurde der obige Cylinder in einigen Versuchen nur durch einen breiten doppelt durchbohrten Kork geschlossen, bevor der Metalldeckel angefertigt war. Man bemerkt übrigens, dass ein absoluter Schluss des Deckels nicht nothwendig ist, sondern nur in soweit, dass während einer Respiration kein merklicher Austausch nach aussen eintritt. Ein langsamer Austausch ist sogar deshalb erwünscht, damit die Abscisse der Curven in einem Versuche dieselbe bleibe, da durch Wärmeausdehnung der Luft des Behälters ein Steigen derselben eintreten könnte.

Der eben beschriebene Apparat, den ich in Folgendem den „Spirographen“ nennen möchte, hat nun offenbar den grossen Vorzug vor anderen Athmungsapparaten dieser Art, dass die Athembewegungen selbst weder durch einen operativen Eingriff noch durch Anlegung irgend einer Vorrichtung an den Thorax modificirt werden. Auch besteht ein grosser Vortheil desselben darin, dass das Thier ganz frei und ungebunden in natürlicher Lage in dem Cylinder sitzen kann, denn grössere Bewegungen, welche den Versuch stören könnten, sind dem Thiere in dem allseitig engen Raume nicht gestattet. [2] Ich glaube daher, dass diese Methode uns das getreueste Bild der normalen Athembewegungen und deren Veränderungen durch gewisse Einflüsse wiedergeben wird, und dass sie auch geeignet sein würde die normalen Athembewegungen des Menschen aufzuzeichnen, für den ein Behälter von geeigneter Form sich wohl recht gut herstellen liesse. Nur in solchen Versuchen, in welchen man während der Beobachtung schnell Eingriffe an dem Thiere vornehmen will, wie Nervendurchschneidung u. dgl., ist diese Methode weniger praktisch als andere. Nervenreizungen dagegen werden sich auch durch Einleitung von Drähten mit festliegenden Elektroden damit gut ausführen lassen.

---

[1] P. Bert. L. c. p. 206.

[2] Nur wenn heftige Dyspnoekrämpfe auftreten, kommt zuweilen ein Umherwälzen und Losreissen des Thieres vor. Dies lässt sich dann durch Aufbinden desselben auf ein passendes Brett verhindern.

Als Beispiele für normale Athmung gebe ich in Fig. 2 eine Curve nach der Oesophagus-Methode und in Fig. 3 eine mit dem Spirographen gezeichnete. In der ersteren bedeuten die Elevationen Exspirationen, in letzterer dagegen Inspirationen.

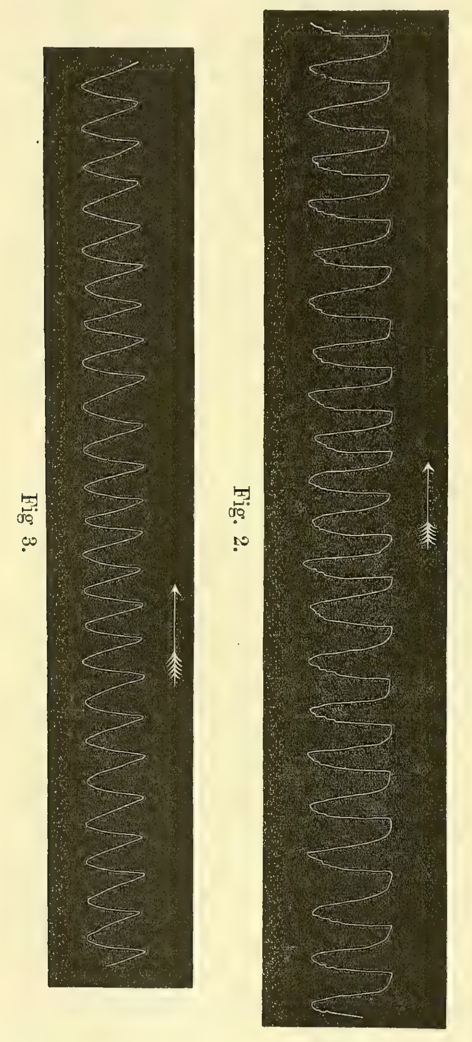


Fig. 3. Fig. 2.

Man sieht, dass die Curven unter verschiedenen Bedingungen gezeichnet, verschiedene Form annehmen. Die Oesophagus-Curve, welche von einem Thiere herrührt, welches tracheotomirt und aufgebunden war, zeigt unten abgerundete Inspirationsminima, steil aufsteigende Exspirationen und eine längere Pause. Die Spirographen-Curve zeigt spitze Inspirationsmaxima und etwas abgerundete Exspirationsminima.

Im Uebrigen unterscheiden sich beide Curven nur noch dadurch, dass man auf der Oesophagus-Curve meistens, wie auch Rosenthal bemerkt hat, die Herzpulsationen angedeutet findet.

Bestimmt man für die möglichst normale Athmung des Kaninchens die der Ruhelage des Thorax entsprechende Abscisse in der Curve, entweder indem man das Thier durch Chloroform tödtet oder Apnoe herstellt, so findet man meistens, dass in der That, wie es vorausgesetzt wird, die normalen Exspirationen nur passive sind. Man sieht dann, dass die Abscisse die Maxima der Oesophagus-Curven tangirt. An einem aufgebundenen Thier zeigten sich indessen kleine active exspiratorische Maxima, während sie bei demselben frei aufrecht sitzendem Thier nicht vorhanden waren. Solche active Exspirationen erscheinen aber in beträchtlicher Höhe, sobald die Nn. vagi durchschnitten sind.

Die Ausführung der folgenden Versuche ist aus der Zeichnung in

Fig. 1 ersichtlich. In dem einen der beiden Gasometer *G* befindet sich H in dem anderen CO^2. Beide stehen durch einen Schlauch mit dem viertheiligen Rohre *a* in Verbindung, von welchem aus die Gase in das Spirometer *Sp* eingefüllt werden können. Von *a* geht das vierte Rohrstück zur Ventilflasche *i*, welche die Inspirationsluft dem Thiere zuführt, während die Exspirationsluft durch die Flasche *e* entweicht. Beide Flaschen sind mit Wasser gesperrt, in welches das längere Rohr nur wenige Millimeter eintaucht, damit die Widerstände möglichst gering seien.

In der Zeichnung ist die Anwendung des Spirographen *R* abgebildet, dessen Athmungsrohr *b* einerseits mit den Ventilflaschen, andererseits mit der Kopfkappe des Thieres verbunden ist, während das Rohr *c* mit der Zeichentrommel *T* in Verbindung steht. Statt dessen kann man auch das Rohr *b* mit einer Trachealcanüle verbinden. Bei Anwendung der Oesophagus-Methode wird an Stelle des Spirographen bei derselben Anordnung der Apparate die Trommel mit der Oesophagus-Canüle verbunden.

Die Beobachtungen werden nun meist in folgender Weise vorgenommen. Zu Beginn des Versuches ist von der Inspirationsflasche *i* der Schlauch bei *d* abgenommen. Durch diesen wird das Spirometer mit etwa 1000 bis 2000 ${}^{\text{Ccm}}$ Luft gefüllt und nachdem man *d* wieder mit der Flasche verbunden hat, lässt man diese Luft vom Thiere athmen, während man auf dem berussten Papier des Kymographions die Athmungscurven zeichnen lässt. Hat man eine genügende Zahl von regelmässigen Curven erhalten, so hält man das Kymographion an und lässt den Zeichenhebel an seiner Stelle. Soll nun die H-Athmung folgen, so nimmt man den Schlauch bei *b* ab, treibt möglichst viel Luft aus dem Spirometer durch *i* hinaus und öffnet den Hahn des H-Gasometers bis etwa 1000 ${}^{\text{Ccm}}$ eingeströmt sind. Da ein unvermeidicher Luftrest im Spirometer und den Verbindungen zurückgeblieben war, so wird diese Gasmenge wieder durch *i* hinausgepresst, nochmals 1000 ${}^{\text{Ccm}}$ eingefüllt, während man den Schlauch bei *b* zuklemmt, damit keine Luft hier in *i* eindringt, und diese ebenfalls wieder hinausgelassen. Endlich füllt man unter Zuklemmung bei *b* 1000—2000 ${}^{\text{Ccm}}$ H ein und nachdem man den Schlauch auf *b* aufgesetzt hat, lässt man diese aus dem Spirometer athmen. Auch dieses Gas enthält natürlich noch Luftreste, doch zeigte der Erfolg, dass man mit demselben ziemlich schnell eine mehr oder weniger starke Dyspnoe erzeugen konnte.

Versuche am tracheotomirten, sonst unversehrten Thiere.

Die ersten Versuche dieser Art wurden an tracheotomirten Kaninchen mit Hülfe der Oesophagus-Methode angestellt. Die Thiere wurden meist mit $^1/_2$—1 ${}^{\text{grm}}$ Chloral subcutan narkotisirt und zeigten sehr regelmässige

Athmung. Besonders schöne und hohe Curven erhielt ich von den grossen französischen Kaninchen (Lapins), bei welchen die Cardia stets einen ausreichenden Schluss besass. Taf. XI enthält die Curve einer H-Athmung. Bei *a* beginnt der Versuch mit Luftathmung, bei H beginnt die H-Athmung nach einer kurzen Pause und hält bis zum Ende der ersten Curve an. Die zweite Curve enthält eine CO_2-Athmung, beginnt ebenfalls bei *a* und geht bei CO_2 in die Athmung eines Luftgemisches über, welches $^1/_{10}$ CO_2 enthält. In beiden Fällen sieht man die Curven der Athembewegungen sich sehr bald nach Beginn der Zufuhr beider Gase bedeutend verstärken, sowohl in inspiratorischer Richtung nach unten hin, als auch exspiratorischer nach oben hin. Vergleicht man aber die beiden Curven genauer, so nimmt man wahr, dass in diesem Falle doch ein Unterschied zwischen H und CO_2-Dyspnoe bemerkbar ist. Während in der H-Curve die inspiratorischen Minima viel tiefer unter die normalen sinken als die exspiratorischen Maxima darüber hinausgehen, ist in der CO_2-Curve im Grossen und Ganzen das Umgekehrte der Fall. Bei der H-Athmung verhält sich am Ende der Curve der Zuwachs der Inspiration zu der der Exspiration wie 10:6 (mm), bei der CO_2-Athmung dagegen ist dieses Verhältniss 7:13. In dem angeführten Versuche zeichnet sich demnach die H-Dyspnoe, welche durch O-Mangel wirkt, durch eine vorwiegende Verstärkung der Inspirationsphase aus, die CO_2-Dyspnoe dagegen durch eine vorwiegende Verstärkung der Exspirationsphase, die nur als eine active aufgefasst werden kann. Man erblickt ausserdem in der Mitte der CO_2-Curve einen kurzen Exspirationstetanus bei *t*. Dieser Unterschied trat jedoch nur in wenigen Versuchen so deutlich hervor. In den meisten Versuchen dieser Art war hingegen von einer deutlichen und durchgehenden Verschiedenheit der Respiration in der H- und CO_2-Dyspnoe durchaus keine Rede. Es war meistentheils Inspiration wie Exspiration in beiden Fällen fast gleichmässig verstärkt und das verschiedene Aussehen der Curven war meist derselben Art wie das zweier H- oder CO_2-Curven unter sich. Nichtsdestoweniger traten nicht selten Anzeichen dafür auf, dass in der H-Dyspnoe eine Neigung zu einer stärkeren Inspirationsbewegung zuweilen auch von tetanischem Charakter bestand, in der CO_2-Dyspnoe dagegen zu einer kräftigeren Exspiration. Dies zeigte sich auch in Versuchen, die mit dem Spirographen angestellt waren, wovon Taf. X Curve 3 u. 4 ein Beispiel giebt. Man sieht hier in der H-Curve die Inspirationscurve, die hier nach oben gerichtet ist, ein paar Mal weit über die Maximumlinie hinaussteigen und an der mit „Unruhe" bezeichneten Stelle einen längeren Inspirationstetanus. In der CO_2-Curve dagegen sind zwar auch die Inspirationen beträchtlich verstärkt, die Exspirationen aber sinken stärker unter die Minimumlinie herab als bei der H-Curve.

Solche Verschiedenheiten mehr oder weniger ausgesprochen, habe ich

nach beiden Untersuchungsmethoden mehrfach vorgefunden. In vielen Fällen aber sind sie so wenig auffallend, dass man nicht berechtigt wäre, aus ihnen allein einen sicheren Rückschluss auf die Rolle zu ziehen, welche der O-Mangel und der CO_2-Ueberschuss bei der Dyspnoe spielen, noch weniger auf das Verhalten der CO_2 des Blutes bei dem normalen Respirationsacte. Wohl aber wird es gestattet sein, eine, wenn auch inconstante Erscheinung zum Ausgangspunkte einer weiteren Untersuchung zu nehmen, unter der Voraussetzung, dass die Inconstanz durch anderweitige Factoren des Respirationsmechanismus hervorgebracht wird, und dass es gelingen müsste unter geeigneten Bedingungen ein constanteres gesetzmässiges Verhalten des Respirationsmechanismus gegen den O-mangel und CO_2-Reichthum des Blutes herbeizuführen.

Von dieser Ueberlegung ausgehend kam ich zu der Vermuthung, dass die regulatorischen Apparate des Respirationscentrums es sein könnten, welche einen etwa bestehenden Unterschied der beiden Dyspnoeformen ausgleichen und mehr oder weniger verwischen könnten. Der wesentlichste Regulator der Athembewegungen der Nervus vagus enthält ja bekanntlich in seinen Lungenästen nicht bloss inspiratorisch wirkende, sondern nach den Untersuchungen von Hering und Breuer auch exspiratorisch wirkende Fasern. Es lag daher die Möglichkeit nahe, dass nach Wegfall dieses Regulators diejenigen Wirkungen reiner hervortreten würden, welche dem O-Mangel und dem CO_2-Reichthum des Blutes zukommen.

Versuche an Thieren, denen die Nervi vagi durchschnitten werden.

In den folgenden Versuchen wurde im Ganzen in derselben Weise verfahren wie vorher, sowohl nach der einen wie nach der anderen Methode, nur mit dem Unterschiede, dass entweder im Laufe des Versuches oder schon vorher die beiden Nervi vagi am Halse durchschnitten wurden. Die Veränderung der Athembewegung nach dieser Operation, bestehend insbesondere in einer Verlangsamung und Verstärkung derselben, sind in den erhaltenen Curvenzeichnungen immer deutlich ausgeprägt.

Betrachtet man nun den Effect der H- und CO_2-Dyspnoe an Thieren, deren beide Vagi durchschnitten sind, so sieht man in der That in einer grossen Zahl von Fällen sehr prägnante Verschiedenheiten an den Curven auftreten, während sie vor der Operation meist nicht vorhanden waren. Diese Verschiedenheiten bestehen hauptsächlich darin, dass in der H-Dyspnoe die Inspirationen in viel bedeutenderem Grade verstärkt sind als die Ex-

spirationen, in der CO_2-Dyspnoe dagegen die Exspirationen an Stärke bei Weitem überwiegen.

Ein deutliches Beispiel hierfür liefert nachstehende Fig. 4, welche dem Versuch Taf. XI Curve 1 und 2 entnommen ist.

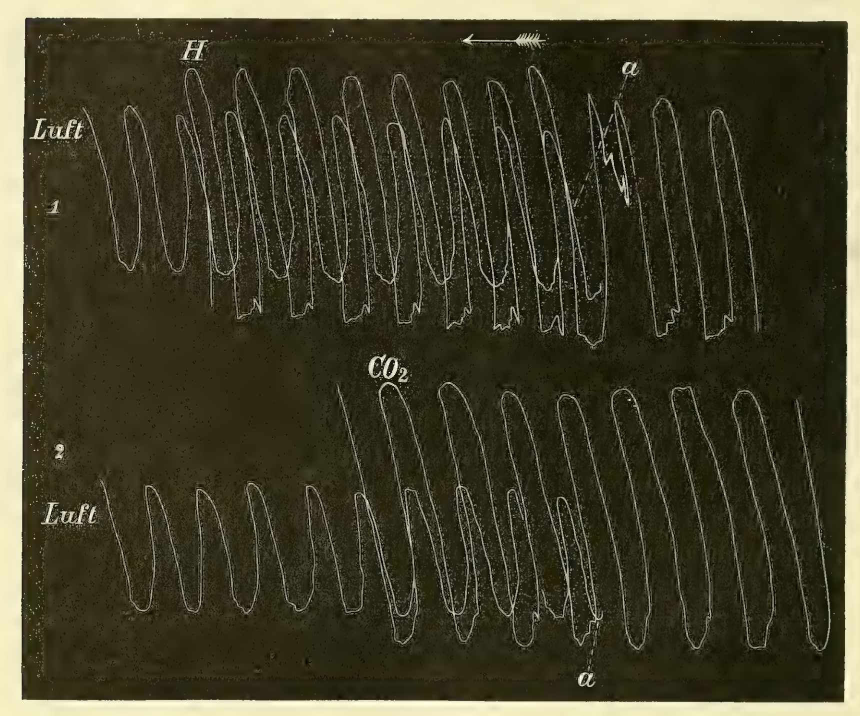


Fig. 4.

Man sieht hier die bei *a* beginnenden normalen Athemcurven, mit der Oesophagus-Methode gezeichnet. In 1 sieht man die H-Curven nach einmaliger Umdrehung des Cylinders daneben und darüber hinwegziehen, in 2 dagegen die CO_2 Curven. Die ersteren sinken unter die normalen fast ebenso tief als sie sich darüber erheben. In ihnen ist also In- und Exspiration fast gleichmässig verstärkt. Die zweiten dagegen erheben sich bedeutend über die normalen hinaus, während sie verhältnissmässig wenig unter dieselben herabsinken, woraus hervorgeht, dass in ihnen die Exspiration besonders verstärkt auftritt.

In einer Anzahl anderer Versuche zeigte sich der Unterschied der H- und CO_2-Dyspnoe noch in anderer Form. Bei der H-Dyspnoe ging die Curve nicht nur tiefer unter die Abscisse herab, sondern es dauerte auch jede Inspiration länger als normal, so dass die Curve nach unten convex

erst rasch dann langsamer herabsinkt, und schnell zu einer kürzer dauernden Exspiration wieder aufsteigt, wie es in Fig. 5 bei H angegeben ist. Die CO_2-Dyspnoe dagegen giebt Curven von nahezu umgekehrtem Aussehen, in welchen die Exspiration in einer nach oben convexen Curve aufsteigt, lange anhält und dann schnell in die nach unten sinkende Inspiration übergeht, wie es in der Fig. 5 bei CO_2 dargestellt ist.

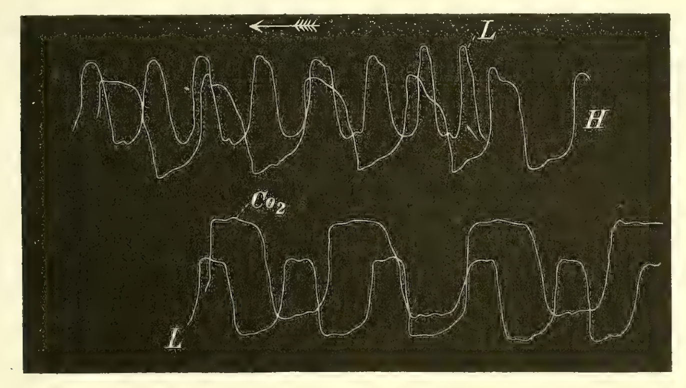


Fig. 5.

Der Versuch, welchem Fig. 5 entnommen ist, giebt hiervon ein ausführliches Beispiel (Taf. XI, Curve 5 u. 6). Aus der tieferen Lage der H-Curve darf man keineswegs schliessen, dass die Exspiration schwächer geworden, denn in diesem Falle schloss die Cardia nicht und durch die ersten starken Inspirationen wurde Luft aus dem Oesophagus ausgetrieben, vielleicht durch gleichzeitig stattfindende peristaltische Contractionen desselben. Die verstärkten Exspirationen in der CO_2-Dyspnoe bewirken dagegen meist ein Eintreiben von Magengasen in den Oesophagus, so dass die Lage der ganzen Curve sich hebt. Zuweilen kehrt sich aber dieses Verhalten bei nicht schliessender Cardia auch um, je nach der Menge und Spannung der Magengase und dem Moment, in welchem die Cardia sich öffnet. Nur wenn vor und nach der Dyspnoe die Curven der Luftathmung dieselbe Abscisse zeigen, kann man sicher sein, dass dieselbe nicht geschwankt hat.

In einer Anzahl von Fällen war das Bild der CO_2-Curve ein etwas abweichendes. Es trat die Erhöhung der Exspirationscurve weniger stark auf, dafür stellte sich aber eine beträchtliche Verlängerung derselben ein, also ein längerer Tetanus der Exspirationsmuskeln. Bei der H-Athmung trat dagegen ein solcher niemals ein. Der Versuch Taf. XII Curve 6 u. 7 zeigt ein solches Verhalten nach der Oesophagus-Methode beobachtet.

In einer grossen Anzahl von Versuchen traten diese Erscheinungen in mannigfacher Abwechselung und verschieden stark ausgeprägt hervor.

Immer zeigte sich, dass bei der H-Athmung die Inspirationsphase besonders verstärkt wird, entweder bloss durch Vertiefung oder auch zugleich durch Verlängerung derselben.

Die CO_2-Athmung hingegen führte hauptsächlich eine Verstärkung der Exspiration herbei, welche zum Theil in einer Erhöhung des Exspirationsmaximums zum Theil in einer tetanischen Verlängerung derselben bestand.

Auch die mit Hülfe des Spirographen erhaltenen Curven geben uns dasselbe Resultat. Die Versuche auf Taf. XII Curven 8, 9, 10 und XIII geben hierfür zwei Beispiele, in deren Curven die Inspirationen nach oben, die Exspirationen nach unten gerichtet sind.

Schlussfolgerungen.

Wir gelangen durch die vorstehenden Versuche zu der Vorstellung, dass das O-arme Blut hauptsächlich als Reiz auf das Inspirationscentrum, das CO_2-reiche Blut hauptsächlich als Reiz auf das Exspirationscentrum einwirkt.

Wir haben aber zunächst von dieser Vorstellung aus die Frage zu beantworten, weshalb der Unterschied des Athmungstypus bei O-Armuth und CO_2-Reichthum erst nach Durchschneidung beider Nn. vagi deutlich zum Vorschein kommt. Der Grund hierfür liegt, wie mir scheint, in Folgendem: Die Nn. vagi wirken nach den Versuchen von Hering und Breuer als Regulatoren für die Athembewegung in der Weise, dass jede inspiratorische Ausdehnung der Lunge die exspiratorischen Fasern in derselben reizt, und jedes exspiratorische Zusammenfallen derselben die inspiratorischen Fasern erregt, wodurch die eine Phase der Respiration den Reiz zur entgegengesetzten Phase in sich enthält. Wenn nun das O-arme Blut eine stärkere Erregung des Inspirationscentrums verursacht, so wird gleichzeitig durch die Regulation von Seiten der stärker gereizten exspiratorischen Fasern des Vagus auch eine entsprechend stärkere Exspiration herbeigeführt werden. Und ebenso wird, wenn die CO_2 stärker erregend auf das Exspirationscentrum wirkt, nichtsdestoweniger auch die Inspiration reflectorisch vom Vagus aus verstärkt werden.

Der Typus der CO_2- und H-Dyspnoe wird daher durch die Vagusregulation mehr oder weniger ausgeglichen werden und zeigt in Folge dessen nur geringe und inconstante Unterschiede. Häufig aber kommt bei der CO_2-Athmung die verstärkte Exspiration dennoch zum Vorschein. Sobald jedoch die Regulation durch die Nn. vagi fortfällt, kann die Einwirkung des O-armen Blutes auf das Inspirationscentrum und die des CO_2-reichen Blutes auf das Exspirationscentrum nahezu rein und ungestört zur Geltung kommen.

Wir haben nun zu unserem oben ausgesprochenen Satze noch einen

wesentlichen Zusatz zu machen. Auch nach der Durchschneidung der Nn. vagi ist der Typus der Athembewegung bei der H-Dyspnoe keineswegs derart, dass die Inspiration ausschliesslich verstärkt auftritt, sondern wir bemerken, dass mit der vorzugsweise verstärkten Inspirationsphase auch immer eine deutliche, wenn auch geringere Verstärkung der Exspiration verbunden ist. Ebenso ist bei der CO_2-Dyspnoe mit der vorzugsweise verstärkten Exspiration immer eine deutliche Zunahme der Inspirationsbewegung verknüpft.

Für diese Erscheinung liessen sich zweierlei Ursachen angeben. Erstens kann dieselbe auf rein elastischen Kräften beruhen. Denn wenn der Thorax durch eine verstärkte Inspiration aus seiner elastischen Gleichgewichtsform weiter entfernt worden ist, so wird er auch bei rein passiver Exspiration sich weiter über die Ruhelage hinaus verengern. Aus demselben Grunde muss eine stärkere active Exspiration durch elastische Kräfte eine grössere Inspirationsbewegung des Thorax veranlassen. Zweitens ist es denkbar, dass ausser dem N. vagus auch noch andere sensible Nerven der Brust- und Bauchgegend einen ähnlichen, wenn auch geringeren, regulatorischen Einfluss auf die Athmung besässen wie dieser, und dass auf diese Weise jede Respirationsphase im Stande sei, bei ihrer Verstärkung die andere Respirationsphase in gleichem Sinne zu beeinflussen. Es würde schwer sein, diese Einflüsse direct zu beobachten und sie von der rein elastischen Wirkung zu isoliren, es sei denn, dass man eine Abtrennung der Athemcentren von allen sensiblen Nervenbahnen vornähme, — ein bekanntlich sehr misslicher Versuch. —

Noch ein anderer Umstand ist hierbei zu erwägen. In den meisten Versuchen betrug der CO_2-Gehalt der Luftmischung 15 Procent, in wenigen 25 Procent. Man muss daher berücksichtigen, dass sich immerhin dabei auch geringer O-Mangel einstellen kann. Zwar würde derselbe kaum merklich sein, wenn man die CO_2 in dem Gemisch durch N oder H ersetzen würde, da bei etwa 17 Procent O-Gehalt der Luft eine Dyspnoe schwerlich eintritt. Aber es ist doch bis jetzt die Möglicheit nicht ausgeschlossen, dass die CO_2 in der Athmungsluft die O-Aufnahme beeinträchtigt, da nach den Versuchen von A. Schmidt und denen von Zuntz die rothen Blutkörperchen bei der CO_2-Bindung im Blute betheiligt sind. Um diese Frage zu entscheiden, würde es nothwendig sein, an den Thieren, welche sich in der CO_2-Dyspnoe befinden, eine Blutgasanalyse vorzunehmen.

Es bliebe also die Möglichkeit bestehen, die Verstärkungen der Inspiration während der CO_2-Dyspnoe zum Theil auch vom O-Mangel abzuleiten. Eine auffällige hierher gehörige Erscheinung, die in manchen Fällen auftritt, besteht darin, dass namentlich im Anfang der CO_2-Athmung verstärkte Inspirationen vorhanden sind und dann erst die stärkeren exspiratorischen Bewegungen nachfolgen. Dies ist besonders in einigen Fällen (s. Versuch 3,

Taf. X u. XI) deutlich und hat vielleicht seinen Grund in einer ungenügenden Vermischung der CO_2 mit der Spirometerluft, so dass die ersten Luftquanta aus dem Spirometerschlauch O-Mangel verursachten. Eine andere namentlich in Beginn der H-Athmung eintretende Erscheinung (Versuch 3) zeigt sich darin, dass zuerst einige kleinere Athemschwankungen stattfinden, als vorher während der Luftathmung vorhanden waren, bevor die Dyspnoe eintrat. Diese Reaction ist vielleicht die Folge einer Grosshirnerregung, welche durch den Wechsel der Athemluft hervorgerufen wird, und welche dahin zielt, den Zutritt fremdartiger Athemluft abzuhalten.

Störungen des Versuchsergebnisses und Abweichungen im Verhalten treten natürlich auf, wenn vorher aus irgend welchem Grunde Dyspnoe vorhanden war, sei es durch Verstopfung der Canüle oder wenn nach der Vagusdurchschneidung schon zu lange Zeit verflossen war.

Wenn wir nun an unserer Schlussfolgerung festhalten, dass das O-arme Blut vorzugsweise auf das Inspirationscentrum, das CO_2-reiche Blut dagegen auf das Exspirationscentrum erregend einwirke, so knüpft sich hieran die Frage, welche Bedeutung dieses Verhalten beider Gase zum Athemprocess habe? — Die Reaction des Athemcentrums gegen O-Mangel im Blute ist offenbar eine Regulirung zweckmässiger Natur, welche die Aufgabe erfüllt, dem Blute die genügende O-Quantität zuzuführen. Die Abscheidung der CO_2 ist aber für den Organismus nicht minder wichtig, insofern eine Anhäufung derselben dem Leben schädlich ist. Stärkere oder frequentere Inspirationen werden nun zwar die Wirkung haben, dass nicht bloss mehr O aufgenommen wird, sondern, wie die Versuche von Vierordt beweisen, dass auch mehr CO_2 nach aussen abgegeben wird. In noch stärkerem Grade wird aber das letztere geschehen, wenn die Exspiration, die in der Eupnoe nur passiv ist, eine active wird. Dass der erste active Exspirationsstoss gleich eine beträchtliche Quantität CO_2 aus der Lungenluft entfernen muss, ist ersichtlich. Einen gleichen Erfolg aber werden auch die nachfolgenden activen Exspirationen haben, da sie jedesmal die tiefer gelegenen mit mehr CO_2 beladenen Schichten des Lungenhohlraumes entleeren. Es ist also klar, dass verstärkte Exspiration den Nutzen mit sich bringt, in der Zeiteinheit grössere Mengen von CO_2 aus dem Blute heraus zu befördern.

Mit dieser Einsicht wird es uns verständlich, welche Bedeutung es hat, dass die CO_2 insbesondere erregend auf die Exspirationscentren einwirkt. Wir haben es hier wiederum mit einer Regulirung zweckmässiger Art zu thun, deren es so viele im Organismus giebt. Sobald sich CO_2 in abnormer Menge im Blute anhäuft, gerathen die exspiratorischen Nerven und Muskeln in Action und die Exspiration wird eine active. Auf diese Weise entfernt der Organismus die überschüssige CO_2 und regulirt somit den Gasgehalt des Blutes, bis dieser zur Norm zurückgekehrt ist.

Erklärung der Tafeln.

Tafel IX.

Versuch 2. 24. Mai 1879.

Grosser Lapin. 1 grm. Chloral.

Oesophag. Methode. Umdrehung des Cylinders = 1′ 59″.

Curve 1. Bei *a* beginnt die Luftathmung *L* aus dem Spirometer, bei *H* beginnt die *H*-Athmung und dauert bis zum Ende der Curve.

Curve 2. Bei *L* beginnt die Luftathmung, bei CO_2 die CO_2-Athmung von $^1/_{10}$ CO_2 mit $^9/_{10}$ Luft, und dauert bis zum Ende der Curve.

Die *H*-Curve geht tief unter die Inspirationsminima herab. Die CO_2-Curve geht weit über die Exspirationsmaxima hinaus. $H\ (_{1},_{2}\ldots)$ bedeutet, dass das Spirometer 1,2... mal mit 1000 Ccm H ausgewaschen wird.

Beim Beginn einer jeden Luft, *H*- oder CO_2-Athmung wird das Kymographion erst in Rotation versetzt; daher nimmt es erst nach einigen Athmungen die constante Geschwindigkeit an.

Versuch 18. 17. November 1880.

Grosses deutsches Kaninchen. 1 grm Chloral.

Spirograph. Tracheotomie.

Curve 3. Bei *a* Luftathmung, bei *H* beginnt *H*-Athmung, dann wieder Luftathmung.

Curve 4. CO_2-Mischung aus 1700 Ccm Luft und 300 Ccm CO_2.

Die Inspirationen gehen nach oben, die Exspirationen nach unten.

Tafel X.

Versuch 3. 25. Juni 1879.

Grosser Lapin. 1$^1/_4$ grm Chloral.

Oesophag. Methode.

Umdrehung = 1′ 41″.

a) Curve 1. Luft- dann *H*-Athmung. Curve 2. Luft- dann CO_2 (300 auf 3000).

b) Ebenso wie a). Curven 3 u. 4.

Tafel XI.

c) Durchschneidung der Vagi. Curve 1. Luft- und *H*-Athmung. Curve 2. Luft- und CO_2-Athmung. (300 auf 3000).

Versuch 6. 23. September 1870.

Grosses Kaninchen, $^1/_2$ grm Chloral.

Nach der Durchschneidung der Vagi noch $^1/_2$ grm Chloral.

Oesophag. Methode. Alles wie vorher.

Umdrehung des Cylinders = 1′ 10″.

a) Curve 3. *H*-Athmung bei *H*. Ein zwischen Oesophag. und Trommel angebrachter Seitenhahn wurde geöffnet und eine Linie mit nur kleinen Athemschwankungen

durch die Curve hindurchgezogen. Ebenso bei Curve 2 und 3. Wäre ein Schluss dieses Hahnes in der Ruhestellung des Thorax ausführbar, so würde diese Linie als Abscisse gelten können. Curve 4. CO_2-Athmung. 300 CO_2 und 1700 Luft.

Es folgt die Vagusdurchschneidung.

Curve 5. *H*-Athmung bei *H*. Sehr charakteristische Vertiefung der Inspiration.

Curve 6. CO_2-Athmung. Bei CO_2 wurde der Seitenhahn schnell geöffnet und wieder geschlossen und darauf ist die höhere Lage der CO_2-Curve zurückzuführen.

Man sieht aber ausserdem eine sehr frappante Verlängerung und Verstärkung der Exspiration auftreten.

Tafel XII.

b) Curve 1. CO_2-Athmung. Erfolg derselbe.

Auch hier wurde bei CO_2 der Seitenhahn kurz geöffnet. Da hierdurch aber ein Fehler eingeführt wird, so wird dies späterhin unterlassen.

Curve 2. CO_2-Athmung. Erfolg derselbe. Hier schwankt aber die Lage der Curve, d. h. die Abscisse sehr stark, erst sinkt sie, dann steigt sie und sinkt schliesslich wieder. Dies ist nur durch einen mangelhaften Schluss der Cardia zu erklären.

Curve 3. *H*-Athmung.

Versuch 32. 9. Februar 1881.

Grosses deutsches Kaninchen. Oesophag. Methode. Durchschneidung beider Vagi. Alles wie früher. Curve 4. *H*-Athmung. Curve 5. Ebenso. Die starken Exspirationsstösse sind durch Schreien des Thieres hervorgerufen. Curve 6 und 7. CO_2-Athmung. Sehr stark verlängerte Exspirationen.

Versuch 21. 26. November 1880.

Grosses deutsches Kaninchen. 1 grm Chloral. Anwendung des Spirographen. Inspiration ↑, Exspiration ↓.

Curve 8. *H*-Athmung. Curve 9. CO_2-Athmung. Keine wesentlichen Verschiedenheiten beider Curven. Die CO_2-Dyspnoe zeigt sogar stärkere Inspirationen.

Durchschneidung beider Vagi.

Curve 10. *H*-Athmung. Inspirationstetani mit kleineren Schwankungen, durch kurze exspiratorische Pausen unterbrochen.

Tafel XIII.

Curve 1. CO_2-Athmung (300 : 1700). Verlängerte und verstärkte Exspirationen. Aber auch die Inspirationsgipfel sind erhöht.

Curve 2. *H*-Athmung erzeugt diesmal keine sehr merkliche Dyspnoe.

Versuch 29. 7. Januar 1881.

Grosses Kaninchen im Spirographen.

Beide Vagi sind durchschnitten.

a) Curve 3. *H*-Athmung. Curve 4. CO_2-Athmung.

Curven sind etwas unregelmässig durch Unruhe des Thieres.

Es wird Tracheotomie gemacht und durch die Trachealcanüle geathmet.

Curve 5. *H*. Curve 6. CO_2-Athmung.

Die CO_2-Curve zeichnet sich durch verlängerte Exspirationen aus.

b) Curve 7. *H*-Athmung. Sehr deutlich verstärkte Inspirationen.

Curve 8. CO_2-Athmung (500 : 1500). Erst verstärkte Exspirationen, dann verlängerte Exspirationen. Zugleich nehmen auch die Inspirationen an Höhe zu.

Die Erregungszeit der Nervenendorgane in den Muskeln.

Von

J. Bernstein.

Aus dem physiologischen Institute der Universität Halle.

Das physiologische Postulat, dass die motorischen Nervenenden mit den Muskelfasern in directer Verbindung stehen müssen, ist zwar durch die Histologie insofern erfüllt worden, als der Uebergang der Nerven- in die Muskelfaser nachgewiesen worden, indessen herrschen über das Aussehen dieser Nervenendigungen und noch mehr über ihre Natur und Bedeutung viele Meinungsverschiedenheiten. „Nervenendhügel" und „Nervenendplatte" nannte man Gebilde, welche sich an der Oberfläche der Muskelfaser an der Eintrittsstelle der Nervenfaser vorfinden, und die man als Zwischenorgane aufzufassen geneigt ist. Dem gegenüber steht die Ansicht von Kühne, nach welcher der sich gabelförmig nach beiden Seiten theilende Axencylinder mit mehrfachen Zinken in der Muskelsubstanz frei endigt. Nach letzterer Ansicht existirt ein besonderes Zwischenorgan nicht.

Wie auch die Entscheidung ausfallen möge, die histologische Untersuchung allein wird uns über die Natur des Vorganges, durch welchen der Nerv den Muskel erregt, keinen Aufschluss geben, denn jene „Endhügel" und „Endplatten" brauchen nicht Zwischenorgane zu sein, sondern könnten auch unwesentliche Bildungen vorstellen, und die in der Muskelfaser endigenden Axencylinder könnten auch als physiologisch verschieden von der Nervenfaser „Zwischenorgan" genannt werden.

Ich gehe daher auf diejenigen Speculationen zunächst nicht ein, welche auf Grund der histologischen Beobachtungen aufgebaut sind, sondern wende mich zu einem physiologischen Experimente, welches uns, wie ich glaube,

in der vorliegenden Frage einen Schritt vorwärts führt. Man kennt nämlich die Zeit, welche die Erregung zu ihrer Fortleitung durch den Nerven beansprucht, man kennt ferner die Zeit vom Momente der Muskelreizung bis zum Beginn der Zuckung, die sog. Latenz der Muskelcontraction. Man wird daher ermitteln können, ob es eines Zeitraumes bedarf, um den Erregungsvorgang von dem Nervenende auf die Muskelfaser zu übertragen.

Ergiebt es sich hieraus, dass dieser Vorgang sich eine messbare Zeit in dem Nervenende aufhält, so wird die Grösse derselben einige Rückschlüsse hinsichtlich des Vorganges gestatten.

Der Versuch lässt sich in sehr einfacher Weise ausführen. Der Muskel, M. gastrocnemius des Frosches, wird in dem Helmholtz'schen Myographion aufgehängt und zeichnet seine Zuckungscurve auf dem rotirenden Cylinder auf. Der Nerv wird möglichst nahe dem Muskel auf zwei einander nahe Platindrähte gelegt, welche ihm den Oeffnungsschlag eines Schlitteninductoriums zuführen. Durch eine zweite Verbindung kann der Schlag dem Muskel direct mit zweien in denselben eingesenkten Nadeln zugeleitet werden. Die eine Nadel befindet sich unmittelbar am Oberschenkelknochen, die andere 5—10 mm tiefer, welche durch einen sehr dünnen Draht mit einer Klemme zur secundären Spirale verbunden ist, so dass die Contraction des Muskels nicht gehemmt ist. Im Uebrigen wird der Versuch in der gewöhnlichen Art vorgenommen, indem das Umwerfen der Wippe am Myographion im gegebenen Zeitmomente den Schlag liefert.

Nun ist es klar, dass zwischen directer Muskelreizung und indirecter Reizung am Nerven ein Zeitinterwall auftreten muss. Beständе dieses nur aus der Fortpflanzungszeit der Erregung im Nerven bis zum Eintritt in die Muskelfaser, so würde dieses verhältnissmässig klein ausfallen, da es sich nur um kurze Nervenstrecken handelt. Finden wir aber eine grössere Zeit zwischen beiden Curven vor, so werden wir daraus schliessen dürfen, dass der Erregungsprocess sich in dem Endorgan der Nervenfaser längere Zeit aufhält als in einer gleichen Strecke derselben. Berechnen wir ferner die Zeit, in welcher die Erregung die Muskelfaser etwa erreicht haben müsste, und ziehen diese von dem gefundenen Zeitinterwall beider Curven ab, so erhalten wir auf diese Weise die muthmaassliche „Erregungszeit" der Nervenendorgane.

Die umstehende Figur giebt ein Beispiel zweier auf die beschriebene Art erhaltenen Curven, welche auf Gelatinepapier abgerollt sind. Der Cylinder dreht sich sechs Mal in der Secunde herum und hat eine Peripherie von 124 mm. Es werden nur solche Curven zur Messung verwendet, welche genau auf derselben Abscisse stehen und gleiche Höhe haben, so dass sie sich in ihrem Maximum oder nahe demselben schneiden. Gemessen werden nach der Vorschrift von Helmholtz nicht die unsicher zu bestimmen-

den Anfangspunkte, sondern die horizontalen Entfernungen der Curven in den Wendepunkten. Um gleich hohe Curven zu erzielen, werden Maximalreize verwendet, meist bei 100 mm Rollenabstand eines mittelgrossen Schlittenapparates mit einem Daniell'schen Element. Man muss natürlich darauf Acht haben, dass bei der directen Reizung der Muskel auch wirklich direct und nicht etwa nur von den intramusculären Nerven aus gereizt werde, denn in letzterem Falle nähern sich die Curven einander beträchtlich. Dass die Nerven hierbei mit gereizt werden, kann das Resultat nicht beeinträchtigen, denn ihre Reizung kommt erst hinter der Muskelreizung zur Wirkung.

Es fragt sich, wie die Länge des Nerven bis zum Eintritt in die Muskelfasern gemessen werden soll. Die Eintrittsstellen der Nervenfasern befinden sich im Gastrocnemius, wie Kühne[1] gezeigt hat, etwa in der Mitte einer jeden Muskelfaser; sie liegen also in Folge des bekannten Baues dieses Muskels in einer gegen seine Längsachse geneigten Fläche. Wir werden daher keinen Fehler begehen, wenn wir den Mittelpunkt der ganzen Muskellänge, bis zu dem untersten Faserende gemessen, als mittlere Eintrittsstelle betrachten. Denn da ein grosser Theil der Nervenfasern schon oberhalb der Mitte endet, so werden wir eher eine zu grosse als eine zu kleine Nervenstrecke in Rechnung ziehen.

Die Geschwindigkeit der Nervenerregung nehmen wir in den Nervenstämmen zu 27 Meter in der Secunde an und setzen voraus, dass sie in den intramusculären Fasern die gleiche ist. Nach den Versuchen von H. Munk[2] ist die Geschwindigkeit freilich keine constante in der ganzen Nervenlänge, vielmehr ist sie anscheinend um so kleiner je näher dem Centrum gereizt wird. Dies beruht höchst wahrscheinlich nicht darauf, dass die höher gelegenen Nervenstellen langsamer leiten als die tieferen, sondern, dass die Geschwindigkeit mit der Länge der zurückgelegten Strecke abnimmt. Eine langsamere Leitung in den peripherischen Stellen des Nerven, sobald diese direct gereizt werden, wie es in unseren Versuchen der Fall ist, ist aber hiernach gänzlich

[1] Kühne, *Ueber die peripheren Endorgane der motorischen Nerven.* 1862. S. 22.

[2] *Dies Archiv*, 1860. S. 798.

auszuschliessen. Indess haben wir zur Beruhigung auch noch diejenigen Werthe berechnet, welche sich bei der halben Geschwindigkeit der Nervenerregung ergeben würden.

In der folgenden Tabelle I sind aus der Versuchsreihe A (S. 341) die Werthe für die „Erregungszeit“ der Nervenendorgane unter der Rubrik α zusammengestellt. Die Rubrik d giebt die Zeitdifferenz der beiden gezeichneten Curven und t giebt die Zeit der Nervenleitung. Die eingeklammerte Rubrik (α') giebt die höchst unwahrscheinlichen Werthe für die Erregungszeit unter der Annahme der doppelten Dauer der Nervenleitung.

Tabelle I.

Versuch.	d	t	α	α'
I. 1)	0·00457″	0·00070″	**0·0039″**	(0·0032)″
2)	0·00470	0·00070	**0·0040**	(0·0033)
II. 1)	0·004946	0·000815	**0·0041**	(0·0033)
2)	0·004100	0·000815	**0·0033**	(0.0028)
3)	0·003898	0·000815	**0·0031**	(0·0023)
4)	0·004704	0·000815	**0·0039**	(0·0031)
III. 1)	0·00336	0·0010	**0·0024**	(0·0014)
2)	0·00325	0·0010	**0·0023**	(0·0013)
IV. 1)	0·003629	0·0010	**0·0026**	(0·0016)
2)	0·003696	0·0010	**0·0027**	(0·0017)
		Mittel:	**0·0032″** $= \frac{1}{312}''$	(0·0023)

Die Erregungszeit der motorischen Nervenenden beträgt im Mittel 0·0032″ = $^1/_{312}$ Secunde.

Es wäre hier vielleicht noch zu bedenken, ob die Contraction vom Nerven aus eben so schnell anhebt wie die directe. Man könnte einwenden, dass die directe Reizung in grösserer Ausdehnung erfolge als die indirecte, welche nur an dem Nerveneintritt stattfinde, und daher die Contraction im ersten Falle früher anhebe. Indessen halte ich die Reizung vom Nerven aus für die ergiebigere, denn es werden alle Fasern gereizt und gleich stark. Bei der directen Reizung ist dagegen der Inductionschlag absichtlich auf den

obersten Abschnitt des Muskels beschränkt worden. Die Reizung war also keine sehr ausgedehnte, und es wurden wegen der Stromverbreitung keineswegs alle Fasern gleich stark gereizt. Ich halte daher ein derartiges Bedenken für unbegründet, und glaube sogar, dass die Contraction bei Nervenreizung vor der bei Muskelreizung im Vortheil war.

Der gefundene Zeitwerth ist nun ein so beträchtlicher, selbst unter Annahme der Werthe (α'), dass er durch einen Aufenthalt in der Nervenfaser nicht erklärt werden kann. Man wird folglich alle Ursache haben, ihn bei Aufstellung von Theorien über die Nervmuskelverbindung vor Allem zu berücksichtigen. Doch bevor wir dazu übergehen, wollen wir den erhaltenen Werth durch eine andere Versuchsmethode bestätigen und sicherstellen.

In meinen ersten Versuchen[1] über den zeitlichen Verlauf der negativen Schwankung des M. gastrocnemius, welcher vom Nerven aus gereizt wurde, hatte ich beobachtet, dass zwischen dem Moment der Reizung und dem Beginn der Schwankung ein beträchtlicher Zeitraum liegt. Dieses Factum hat sich in den späteren Versuchen von Sigm. Mayer[2] bestätigt. In meinen Versuchsprotokollen finde ich nun eine genaue Angabe über die Länge der Nervenstrecke von den Elektroden bis zum Muskel vor, die in den Mayer'schen Versuchen nicht mit angeführt ist, und bin daher im Stande die Zeit der Nervenleitung annähernd zu berechnen. Der Beginn der negativen Schwankung im Muskel ist als derjenige Moment aufzufassen, in welchem der Erregungsprocess in der Muskelfaser anhebt, ohne dass zwischen diesem und dem Reiz der Nervenendorgane ein Latenzstadium liegt,[3] während die Contraction erst nach Ablauf einer Latenz nachfolgt. Wenn wir daher die Zeit der Nervenleitung von dem beobachteten Zeitraume abziehen, so müssen wir auf diese Weise ebenfalls zur „Erregungszeit“ der Nervenendorgane gelangen.

Aus der Versuchsreihe B (S. 343) sind in der folgenden Tabelle II die Werthe für die Erregungszeit unter Rubrik α angegeben. In der Rubrik d finden sich die Zeiten zwischen Nervenreiz bis zum Beginn der negativen Schwankung und unter t die Zeit der Nervenleitung. Zur Länge des Nerven ist hier wie oben die halbe Muskellänge hinzugerechnet. Unter (α') stehen ebenfalls die Werthe für α unter der Annahme der halben Geschwindigkeit der Nervenerregung.

---

[1] *Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Nerven- und Muskelsystem.* S. 50.

[2] *Dies Archiv.* 1868. S. 655.

[3] Da bei dem elektrisch gereizten Muskel die negative Schwankung an der gereizten Stelle in dem Momente der Reizung beginnt, so können wir voraussetzen, dass es sich bei der natürlichen Erregung vom Nervenende aus ebenso verhält.

Tabelle II.

Versuch.	d	t	α	(α')
1.	0·00356	0·00148	**0·0021**	(0·0006)
2.	0·005047	0·001852	**0·0032**	(0·0013)
3.	0·005397	0·001852	**0·0035**	(0·0017)
4.	0·004845	0·001370	**0·0035**	(0·0022)
		Mittel:	**0·0031″**	(0·0015″)

Aus diesen Versuchen ergiebt sich ein Mittelwerth für die Erregungszeit der motorischen Nervenenden von 0·0031 Sec., welcher mit dem obigen auf myographischen Wege erhaltenen zur Genüge übereinstimmt. Man könnte hier die Frage erheben, ob der Beginn der Schwankung am Nerveneintritt in die Muskelfasern wahrgenommen werde, oder erst die von hier aus fortgepflanzte Schwankung. Das letztere ist jedoch nicht anzunehmen, denn die Ableitung des Muskels geschah in diesen Versuchen in grosser Ausdehnung von der hinteren Fläche des Muskelbauches und von dem Achillessehnenspiegel. Die ersten Momente der Schwankung in den oberflächlichen Fasern des Muskelbauches mussten also jedenfalls zur Beobachtung kommen.

In diesen Versuchen neben der Nervenreizung noch eine directe Muskelreizung vorzunehmen, würde überflüssig sein, da sich der Beginn der Schwankung innerhalb enger Grenzen genügend markirt, ausserdem aber würde, da die Schwankung ohne Latenz im Reizmomente beginnen würde, ein Eindringen der Inductionsströme und ihrer Polarisationen in's Galvanometer unvermeidlich sein.

Aus den drei von S. Mayer angeführten Versuchen, in welchen die Zeit bis zum Anfang der Schwankung gemessen ist, ergiebt sich, wenn man die mittlere Nervenlänge bis zur Muskelfaser zu 27^{mm} annimmt, ein Mittelwerth von 0·0028″ für die Erregungszeit der Nervenenden.[1]

Aus Versuchen über die negative Schwankung des Kaninchenmuskels[2] ergiebt sich ebenfalls eine Zeit zwischen Nervenreizung und Beginn der

[1] Einen ähnlichen Werth = 0·00307″ berechnet du Bois-Reymond aus den Versuchen von S. Mayer für die Zeit zwischen Nervenreizung und Beginn der Schwankung des Gastrocnemius, um diese Zeit mit der Dauer des Zitterfischschlages bei der Erörterung der „Entladungshypothese“ zu vergleichen. *Gesammelte Abhandlungen zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysik.* Bd. II. S. 714.

[2] Bernstein und Steiner in *diesem Archiv.* 1875. S. 541.

Schwankung. In einem dieser Versuche (5) betrug diese Zeit 0·0028″. Die Nervenstrecke betrug 30^{mm}, zu welcher wir noch 20^{mm} intramusculäre Nervenlänge hinzurechnen wollen, und in der wir eine Geschwindigkeit von 50 M. in 1 Sec. annehmen wollen. Es würden dann für die Erregungszeit der Nervenenden 0·0018″ übrig bleiben, als kleinerer Werth als für den Kaltbluter.

Es ergiebt sich hieraus ganz unzweifelhaft, dass der Erregungsprocess an den Nervenenden viel langsamer abläuft als in der Nervenfaser selbst, und da mit dieser Aenderung des Vorganges auch eine von der Faser verschiedene physiologische Beschaffenheit der Endungen verknüpft sein muss, so dürfen wir diese mit Recht als Zwischenorgane auffassen, mögen diese nun die eine oder die andere Structur besitzen.

Wenn wir nun dazu übergehen, nach der Natur des Vorganges in den Nervenendorganen zu fragen, so haben wir zunächst die von Krause[1] und Kühne[2] aufgestellten, von du Bois-Reymond[3] discutirten „Entladungshypothesen" in ihren verschiedenen Modificationen zu berücksichtigen.

Diese Hypothesen kommen alle darauf hinaus, dass die Muskelfaser durch einen von den Nervenenden ausgehenden elektrischen Schlag oder durch eine Stromschwankung derselben in einiger Ausdehnung gereizt werde. Nun ist es klar, dass diese Hypothesen alle hinfällig sein würden, wenn der elektrische Reiz in dem Momente erfolgte, in welchem die Erregung am Nervenende anlangt; denn alsdann dürfte eine Erregungszeit der Nervenenden nicht bemerkbar sein, vielmehr würden dann die Momente der Nervenreizung und der directen Muskelreizung nur um die Zeit der Nervenleitung auseinander liegen.

Du Bois-Reymond bezeichnet nun als ursprüngliche Entladungshypothese die Annahme, dass die Nervenendplatte der Platte des elektrischen Organes der Zitterfische analog zu setzen sei. Diese Hypothese ist indess von ihm und Anderen um deshalb verlassen worden, weil nach den Untersuchungen Babuchin's vielmehr die Muskelzelle den Elementen des elektrischen Organes entspricht, nicht die Endplatte des Nerven. Ausserdem soll nach Marey das elektrische Organ ein ebensolanges Latenzstadium vor seiner Wirkung besitzen wie der Muskel. Von dieser Hypothese können wir daher absehen.[4]

---

[1] Henle's und Pfeufer's *Zeitschrift für rationelle Medicin* u. s. w. 1863. 3. R. Bd. XVIII. S. 152.

[2] Ueber das Verhalten des Muskels zum Nerven. *Verhandlungen des naturhistorisch-medicinischen Vereins zu Heidelberg.* N. S. II. 4. S. 227.

[3] Experimentalkritik der Entladungshypothese u. s. w. in du Bois-Reymond, *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 698.

[4] S. die anderen Gegengründe bei du Bois-Reymond a. a. O.

Als modificirte Entladungshypothese bezeichnet du Bois-Reymond ferner die Vorstellung, dass die negative Schwankung des Nervenstromes am Nervenende die Muskelsubstanz errege. Denken wir nun selbst, was ich entschieden bezweifle, dass die negative Schwankung des Nervenstromes stark genug sei, um die Muskelsubstanz zu erregen, so müsste sie, wenn keine Verzögerung stattfindet, am Nervenende in der sehr kurzen Zeit von $^7/_{10000}$ Sec. ablaufen und schon in dem ersten Zehntausendstel am stärksten erregend wirken. Eine Erregungszeit der Nervenenden würde unter diesen Umständen in keiner Weise zu bemerken sein.

Nun könnte man die Annahme hinzufügen, dass eine beträchtliche Verlangsamung des Verlaufes der Schwankung am Nervenende einträte. Immerhin aber müsste doch der Schwankungsstrom beginnen, sobald die Reizwelle der Nervenfaser unter das Sarkolemm in die Muskelfaser eingetreten ist und da die Strecke innerhalb der Muskelfaser nur minimal ist, so könnte sich eine sehr bemerkbare Erregungszeit der Nervenenden auch hieraus nicht ergeben.

Ferner ist von Kühne diese Hypothese wiederum dahin modificirt worden, dass die Muskelfaser durch ungleichzeitige Reizwellen in den verschieden langen Nervenendästchen innerhalb der Muskelfaser, den sogenannten Zinken von nachstehender schematischer Form |_ , erregt werde. Er stellt sich vor, dass diese Enden der Nervenfaser sich in ungleicher Phase der Reizwelle befinden, und dass die zwischenliegende Muskelsubstanz durch einen Strom von ihnen aus gereizt werde. Auch diese Hypothese wird hinfällig, wenn die Geschwindigkeit der Reizwelle in den intrafibrillären[1] Nervenfäden dieselbe ist wie im Stamm. Aber selbst wenn sie beträchtlich langsamer würde, so müsste doch die Reizung durch Phasendifferenz in dem Moment beginnen, wo die Reizwelle unter das Sarkolemm eintritt, indem die Eintrittsstelle der Faser sich negativ gegen die Endausbreitungen verhalten würde. Ueberhaupt ist es klar, dass diese Hypothese der zinkenförmigen Endigungen der Nervenfaser, auf welche Kühne ein so grosses Gewicht legt, gar nicht bedarf, denn ein einziger Endast würde zwischen Eintritt und Ende ganz dieselbe Phasendifferenz geben.[2] Schliesslich ergiebt sich auch noch, dass, wenn wir uns die Grösse der Phasendifferenz berechnen, dieselbe nur eine ganz geringe sein kann. Nehmen wir für die Länge der Endäste in der Muskelfaser selbst $^1/_2$ mm an und verschieben die

---

[1] Innerhalb des Sarkolemms.

[2] Nachträglich bemerke ich, dass du Bois-Reymond zu derselben Ansicht über die Kühne'sche Entladungshypothese gelangt: „Zu der von Hrn. Kühne geforderten und erwarteten Strömung zwischen einander gegenüberliegenden Punkten der Nervengabel-Zinken fehlt (also) jeder Grund . . .“ Dr. E. Sachs', *Untersuchungen am Zitteraal u. s. w. bearbeitet von* E. du Bois-Reymond. 1881. S. 417.

Reizwelle, welche 18^{mm} Länge besitzt um diese Grösse, indem wir die eine Welle über und die andere unter einer Abscisse auftragen, so erhalten wir offenbar einen äusserst minimalen Differenzstrom. Eine Verlangsamung der Fortpflanzung würde bei gleicher Länge der Reizwelle keine Erhöhung dieses Stromes bewirken, eine Verkürzung der Reizwelle aber, die sehr beträchtlich sein müsste, würde am Nervenende höchst unwahrscheinlich sein. Aber selbst wenn wirklich die ganze Phasendifferenz zur Wirkung käme, so ist es, wie schon bemerkt, im höchsten Grade unwahrscheinlich, dass diese im Stande sei die Muskelfaser zu reizen. Es ist erstens eine durchaus irrthümliche Vorstellung, der ich mannigfach begegne, dass nach meinen Versuchen die negative Schwankung des Nervenstromes immer absolut negativ sei, vielmehr wächst sie mit der Reizstärke von kleinsten Werthen an und kann mit der Verstärkung der Reize unter die Abscisse herabsinken. Es ist jedoch keineswegs anzunehmen, dass dies bei der willkürlichen Erregung geschieht, die doch gegen die stärkere elektrische Reizung als eine sehr milde zu betrachten ist. —

Die Reizwellen der willkürlichen Erregung werden also schon an sich sehr niedrige sein. Nun sind wir nicht einmal im Stande, secundären Tetanus vom Nerven aus und in dem anliegenden Nerven oder selbst innerhalb eines Nervenstammes (vom N. peronaeus auf den tibialis, oder innerhalb des N. tibialis) von einer Faser in der anliegenden hervorzubringen, wenn wir uns elektrischer Reizung bedienen. Wie sollte die willkürliche Reizwelle der Nervenfaser im Stande sein, die anliegende Muskelsubstanz zu erregen?[1]

Es ist gewiss im höchsten Grade zweckmässig, dass die Reizwelle der Nervenfaser die anliegenden Nervenfasern nicht zu erregen vermag. Würde dies geschehen, so wäre eine isolirte Leitung der Tastempfindungen oder gar der Lichtempfindungen in den Fasern der Fovea centralis eine reine Unmöglichkeit.

Wir gelangen aus obigen Betrachtungen zu dem Schluss, dass die sog. Entladungshypothesen, nach welchen die Muskelsubstanz durch einen von den Nervenenden nach Aussen sich ergiessenden elektrischen Schlag gereizt werde, ausserordentlich unwahrscheinlich sind. Die einzige Auskunft, welche übrig bliebe, bestände in der Annahme, dass, nachdem die Reizwelle das Endorgan erreicht habe, in diesem der elektrische Schlag sich Anfangs langsam entwickele, und erst nach etwa $^1/_{300}$ Sec. diejenige

---

[1] Allerdings liegt, wie du Bois-Reymond hervorhebt, das Faserende der nackten Muskelsubstanz unmittelbar an, doch dürfte die Entfernung zweier benachbarter Nervenfasern von einander auch nicht viel grösser sein als die der Muskelsubstanz vom Faserende.

Steigerung erfahre, durch welche die Muskelreizung bewirkt werde. Dann müsste aber dieser Strom ausserdem beträchtlich stärker sein als die negative Schwankung des Nerven, und das Endorgan wäre dann wieder als elektrische Platte analog der der Zitterfische aufzufassen.

Hiergegen muss ich, abgesehen von den oben erwähnten Einwänden, auch noch das Bedenken aufrecht erhalten, dass wenn die Endplatte eine elektrische Platte vorstellt, die Ströme derselben im Wesentlichen quer durch die Muskelfaser verlaufen würden. Es ist aber weder durch die Versuche von Sachs,[1] wie es anfänglich schien, und ebensowenig durch die späteren Versuche von Tschirjew[2] der Nachweis geführt worden, dass die Muskelfaser in der Querrichtung ebenso elektrisch erregbar sei wie in der Längsrichtung. Vielmehr sind die unter meiner Leitung am Nerven und Muskel angestellten Versuche von Bernheim[3] mit nur geringer Modification der Methode von A. Fick[4] bestätigt worden. Die Folgerungen von Tschirjew sind aber, wie mir scheint, durch die unter Leitung von Hermann[5] angestellten Versuche widerlegt worden. Es ist daher im höchsten Grade wahrscheinlich, dass absolut quergerichtete Stromfäden weder Nerven noch Muskelfaser erregen würden.

Wenn nun auch jene von den Endplatten ausgehend gedachten Reizströme einige schwächere Componenten in der Längsrichtung der Faser besitzen würden, so wäre doch eine derartige Einrichtung eine in der thierischen Organisation wegen ihrer Unzweckmässigkeit kaum denkbare.

Es bleibt hiernach nichts weiter übrig als den Process der Muskelreizung vom Nervenende aus als einen molecularen Vorgang aufzufassen d. h. als einen Vorgang der sich von Molekel zu Molekel fortpflanzt, und ähnlicher Natur ist, wie die Fortleitung der Erregung in der Nerven- oder Muskelfaser selbst.[6] Ebensowenig wie diese auf elektrische Reizung einer Stelle durch die benachbarte zu beruhen scheint, ebensowenig ist es nothwendig anzunehmen, dass die Muskelfaser durch vom Nervenende ausgehende Ströme gereizt werde. Man kann sich vielmehr vorstellen, dass der mole-

---

[1] *Dies Archiv.* 1874. S. 57.

[2] Ebendaselbst 1877. S. 489.

[3] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. VIII. 1874. S. 60. Der bedauerliche Rechenfehler in diesen Versuchen, deren Zahlen ich leider versäumt hatte zu controlliren, beeinflusst das Resultat derselben nicht wesentlich.

[4] *Würzburger Verhandlungen.* N. F. IX. 1876.

[5] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XXI. 1880. S. 462.

[6] Wir entscheiden uns also für die zweite der von du Bois-Reymond hingestellten Möglichkeiten, nachdem wir die erste, „die modificirte Entladungshypothese" auch als sehr unwahrscheinlich erkannt haben. S. Experimentalkritik in du Bois-Reymond, *Ges. Abhandlungen.* Bd. II. S. 734.

culare Process von den letzten Nervenmolekeln auf die benachbarten Muskelmolekel durch den Contact direct übertragen werde. Wollte man diesen Process ebenso wie den in der Nerven- und Muskelfaser als einen explosiven oder fermentativen Vorgang betrachten, so würde man daraus sehr wohl die Existenz einer Erregungszeit der Nervenenden ableiten können. Es stünde aber auch nichts der Vorstellung im Wege, dass der Vorgang ein elektrischer oder elektrochemischer sei, wenn wir ihn nur als einen molecularen, d. h. aus Molecularströmen bestehenden auffassen, ohne dabei etwaigen nach Aussen ableitbaren Strömen eine Rolle zuzuertheilen. In allen diesen Fällen liesse sich aus der Entwickelungszeit dieser Processe eine Erregungszeit der Nervenendorgane herleiten.

Wenn wir nun auch noch nicht in der Lage sind, aus der beobachteten Erregungszeit auf den speciellen Vorgang an den motorischen Nervenenden zu schliessen, so können wir doch, nachdem wir die sog. Entladungshypothesen zurückgewiesen haben, eine allgemeine Vorstellung von demselben darauf begründen. Wir denken uns, wie es wohl allgemein angenommen wird, dass die Fortleitung der Erregung in einer Auslösung von Spannkräften von Molekel zu Molekel besteht. Die in dem letzten Nervenfaserquerschnitt freiwerdenden Spannkräfte würden aber zu schwach sein, um als auslösende Kraft auf die Muskelsubstanz einzuwirken. Zu diesem Zwecke ist am Nervenende ein Zwischenglied eingeschaltet, in welchem die Menge der ausgelösten Spannkraft schnell anwächst, gleichsam lawinenartig anschwillt, bis sie die zur Muskelreizung nöthige Höhe erreicht hat. Dieser Vorgang ist natürlich mit der Ueberwindung eines inneren Widerstandes verknüpft und erfordert daher zu seiner Entwickelung eine gewisse Dauer, die als Erregungszeit der Nervenenden erscheint.

Zum Schluss möchte ich noch einen Umstand berücksichtigen, auf welchen ich von befreundeter Seite aufmerksam gemacht worden bin. Es ist bekannt, dass die motorischen Nervenfasern kurz vor ihrem Ende sich mehrfach theilen. Reichert[1] zählt im Brusthautmuskel des Frosches auf je eine Faser des Stammes wenigstens 30 Endästchen. Es ist nun vor Kurzem von Schwalbe[2] untersucht worden, wie sich bei dieser Vertheilung die Gesammtquerschnitte der Endästchen verhalten, die aus einer Faser hervorgehen, und gefunden worden, dass sich derselbe mit der Theilung merklich vergrössert, während die Einzelquerschnitte kleiner werden. Er berechnet den Querschnitt einer Hauptfaser z. B. zu 122.499 □ μ, den Gesammtquerschnitt ihrer Endfaser zu 169·59 □ μ; in einem anderen Falle ist der erste Werth 22·9, der zweite 38·6 □ μ.[3]

[1] Ueber das Verhalten der Nervenfasern u. s. w. *Dies Archiv.* 1851. S. 29.

[2] Schwalbe, *Ueber die Kaliberverhältnisse der Nervenfasern.* 1882. S. 40.

[3] Viel rascher wächst der Querschnitt in den sich theilenden elektrischen Nerven

Man könnte nun unseren Folgerungen noch entgegenhalten, dass die Verzögerung des Leitungsvorganges in diesen Endverästelungen durch die Vermehrung des Gesammtquerschnittes hervorgebracht werde, weil sich hierbei die Erregungskraft auf einen grösseren Querschnitt verbreite. Obgleich keine physiologische Thatsache vorliegt, die zu einer solchen Annahme berechtigte, so wollen wir doch sicherheitshalber die Voraussetzung machen, dass sich der Querschnitt sogar um das Doppelte vergrössere und dass in Folge dessen die Geschwindigkeit der Erregung auf die Hälfte herabsinke. Nun haben wir bereits oben berechnet (Tabelle I), dass wenn in der ganzen intramusculären Nervenstrecke die Geschwindigkeit nur die halbe sein würde, die Werthe für die Erregungszeit der Nervenenden doch noch recht beträchtlich ausfallen. Die Nervenstrecken, in welchen die Theilungen stattfinden, sind aber hiergegen so klein, dass eine Verzögerung von dieser Art in ihnen gar nicht mehr in Betracht käme. Krause[1] bemerkt über die Theilungen im M. retractor bulbi der Katze: „Die einzeln verlaufenden Primitivfasern sowie ihre Aeste haben auch meist nur eine sehr unbedeutende Länge (z. B. 0·3 ^{mm}), in Vergleich zu den 3—4 ^{mm} langen Fasern, die man in der Conjunctiva bulbi zuweilen verfolgen kann".

Nach der schematischen Abbildung, welche Reichert (a. a. O.) von der Verbreitung der Nervenfasern und ihrer Endästchen im Brusthautmuskel des Frosches giebt, und nach Vergleich mit einem angefertigten Präparate dieses Muskels berechne ich für die Länge der Theilungsstrecken *in maximo* 1—2 ^{mm}, ein offenbar viel zu hoher Werth. Nehmen wir selbst an, dass die betreffende Länge 2 ^{mm} betrage, lassen wir zu Ungunsten der Rechnung den Querschnitt sich plötzlich verdoppeln und die Geschwindigkeit in der ganzen Strecke auf die Hälfte herabsinken, was in der Wirklichkeit nur allmählich geschehen könnte, so würde nach meiner Berechnung die Leitungszeit an diesem Orte nur 0·00015 Secunde betragen, ein Werth der gegen die gefundene Erregungszeit der Endorgane sehr klein ist und diese nicht wesentlich beeinträchtigen kann.

Versuchsreihe A.

Der Cylinder des Myographions hat einen Umfang von 124 ^{mm}, macht 6 Umdrehungen in 1 Secunde, und rotirt mittels eines von Helm-

---

von Torpedo und Malopterurus, und hier hatte du Bois-Reymond schon angefangen, die physiologischen Folgerungen aus dieser Thatsache zu erwägen (*Untersuchungen am Zitteraal u. s. w.* 1881. S. 294).

[1] Ueber die Endigungen der Muskelnerven. *Zeitschrift für rationelle Medicin.* 1863. Bd. XVIII. S. 137.

holtz eingerichteten, bisher noch nicht beschriebenen Regulators mit constanter Geschwindigkeit, wodurch die Arbeit mit dem Instrument wesentlich erleichtert ist. Eine zweckmässige Aenderung, welche ich an dem Instrument angebracht habe, besteht darin, dass der Zeichenhebel aus Aluminium angefertigt ist, welcher ein Gewicht von ungefähr 18 grm besitzt.

Versuch I.

Die Nervenlänge, von der gereizten Stelle bis zum Muskel = 4 mm
Die Muskellänge = 30 mm

1. Beobachtung: Entfernung der Curven $e_1 = 3 \cdot 47$ mm
$e_2 = 3 \cdot 32$ „
Mittel $= 3 \cdot 40$ mm

Die Messung der Curvenentfernung geschieht unter dem Mikroskop mit einem Objectivmikrometer.

Die Zeit, welche der Entfernung beider Curven entspricht sei $= d$, die Zeit der Leitung durch die Nervenlänge l bis zu den Endorganen sei $= t$, so ist die Erregungszeit der Endorgane $\alpha = d - t$.

$$d = 0 \cdot 004570'' \qquad l = 4 + \frac{30}{2} = 19 \text{ mm},$$

$$t = 0 \cdot 0007037''$$
$$\alpha = 0 \cdot 0039''$$

2. Beobachtung: $e = 3 \cdot 5$ mm

d und t wie oben
$\alpha = 0 \cdot 0040$

Versuch II.

Nervenlänge 8 mm, Muskellänge 34 mm, Entfernung der Rollen des Inductionsapparates = 100 mm (Rollenlänge 80 mm), 1 Daniell.

A. 1) $e_1 = 3 \cdot 60$ — $l = 22$ mm
$e_2 = 3 \cdot 75$ — $d = 0 \cdot 004946''$
Mittel: $e = 3.68$ — $l = 0 \cdot 000815''$
$\alpha = 0 \cdot 0041''$

2) $e = 3 \cdot 05$ mm — $d = 0 \cdot 004100''$
$t = 0 \cdot 000815''$
$\alpha = 0 \cdot 0033''$

B. 1) $e = 2 \cdot 9^{\text{mm}}$

$$d = 0 \cdot 003898''$$
$$t = 0 \cdot 000815''$$
$$\alpha = 0 \cdot 0031''$$

2) $e = 3 \cdot 5^{\text{mm}}$

$$d = 0 \cdot 004704''$$
$$t = 0 \cdot 000815''$$
$$\alpha = 0 \cdot 0039''$$

Versuch III.

Nerv $= 10^{\text{mm}}$, Muskel $= 34^{\text{mm}}$, Rollenentfernung $= 100^{\text{mm}}$

1) $e = 2 \cdot 5^{\text{mm}}$ $l = 27^{\text{mm}}$

$$d = 0 \cdot 00336''$$
$$t = 0 \cdot 001''$$
$$\alpha = 0.0024'$$

2) $e = 2 \cdot 42^{\text{mm}}$ $d = 0 \cdot 003253''$

$$t = 0 \cdot 001''$$
$$\alpha = 0 \cdot 0023''$$

Versuch IV.

Nerv $= 10^{\text{mm}}$, Muskel $= 34^{\text{mm}}$.

1) $e = 2 \cdot 70^{\text{mm}}$, Rollenentfernung $= 120^{\text{mm}}$
$l = 27^{\text{mm}}$

$$d = 0 \cdot 003696''$$
$$t = 0 \cdot 001''$$
$$\alpha = 0 \cdot 0025''$$

2) $e = 2 \cdot 75^{\text{mm}}$, Rollenentfernung 120^{mm} bei der Muskelreizung, 60^{mm} bei der Nervenreizung

$$d = 0 \cdot 003696''$$
$$t = 0 \cdot 001''$$
$$\alpha = 0 \cdot 0027''$$

Versuchsreihe B.

Rheotomversuche (aus dem Jahre 1867).

Versuch I.

Der M. gastrocnemius wird oben vom natürlichen Längsschnitt und unten von dem Spiegel der Achillessehne abgeleitet. Er ist nicht gespannt. Die Reizung geschieht vom Nerven aus mit Inductionsschlägen. Schlittenapparat mit 1 Daniell.

Moment der Oeffnung: $Sch_2 = 0 \cdot 000$
Moment der Schliessung: $Sch_1 = 0 \cdot 022$

des Muskelkreises.

Nr.	(Stellung des Schiebers.) *Sch*	(Ablenkung.) *A*	
1	0·000	— 12·8	Muskelstrom sehr stark.
2	0·006	— 12·5	Compensation.
3	0·016	— 14	
4	0·026	— 15·8	
5	0·036	— 20	*Sa*
6	0·046	— 37	
7	0·056	— 66·5	
8	0·066	— 100·5	
9	0·076	— 104·5	
10	0·086	— 86	
11	0·096	— 65	
12	0·106	— 34·5	
13	0·116	— 23	
14	0·126	— 16	
15	0·136	— 8	langsame Ablenkung.
16	0·186	— 2	
23	0·000	0	
24	0·076	— 8	

Die Ausschläge sind in diesem Falle rein negativ und ziemlich gross.

Die ersten Reizungen bis zur 4. zeigen nur Ablenkungen infolge der Nachwirkung, bei der 5. Reizung beginnt erst die Schwankungswelle deutlich aufzutreten, erreicht bei der 9. ihr Maximum und hört bei der 15. bis 16. nahezu auf. Durch wiederholte Reizung ist die Schwankung und Nachwirkung immer schwächer geworden, so dass bei der 23. Reizung auf dem Nullpunkt keine Ablenkung mehr erfolgt, wohl noch bei 0·076.

Der Moment der Oeffnung des Muskelkreises ist mit O bezeichnet. Die Zahlen unter *Sch* geben also die Differenz zwischen Reiz und Oeffnung des Muskelkreises in Bruchtheilen einer Umdrehung des Rheotomrades an. Die Umdrehungszeit des Rheotomrades $= Ur$. $lg\ Ur = 0 \cdot 99546 - 2$.

Nervenlänge $= 25^{mm}$, Muskellänge $= 30^{mm}$, Nervenstrecke $l = 40^{mm}$, Anfang der Schwankung $Sa = 0 \cdot 036$.

$$d = 0 \cdot 00356''$$
$$t = 0 \cdot 00148''$$
$$\alpha = 0 \cdot 0021''$$

Versuch II.

Alles ebenso wie in I.

$$Sch_2 = 0 \cdot 000$$
$$Sch_1 = 0 \cdot 022.$$

Nr.	*Sch*	*A*	
1	0·146	+ 8·5	Muskel stark parelektronomisch.
2	0·136	+ 2·5	Compensation.
3	0·126	+ 11·5	
4	0·116	+ 15	Der Muskel zeigt in diesem Falle die
5	0·106	+ 10 ↑	Doppelschwankung, aus welcher zuerst
6	0·096	— 4·5 ↓	die +, dann die — aufgesucht wurde.
7	0·086	— 3	Der Beginn der — Schwankung ist hier
8	0·076	— 12·5	zwischen 0·056 und 0·046 anzunehmen.
9	0·066	— 10	
10	0·056	— 3	$Sa = 0 \cdot 051.$
11	0·046	0	
12	0·036	0	

Nervenlänge $= 35^{mm}$, $l = 50^{mm}$, $lg\ Ur = 0 \cdot 99546 - 2$.

$$d = 0 \cdot 005047''$$
$$t = 0 \cdot 001852''$$
$$\alpha = 0 \cdot 0032''$$

Versuch III.

Alles ebenso.

$$Sch_2 = 0 \cdot 000$$
$$Sch_1 = 0 \cdot 030$$

Nr.	*Sch*	*A*	
1	0·040	0	Compensation.
2	0·050	0	$\dot{Sa} = 0 \cdot 055$.
3	0·060	— 2·5	
4	0·070	— 8	
5	0·080	— 11	
6	0·090	— 11	$lg\ Ur = 0 \cdot 99178 - 2$
7	0·100	— 8	Nervenlänge $= 35^{mm}$
8	0·120	— 4	$l = 50^{mm}$
9	0·140	— 2·3	$d = 0 \cdot 005397''$
10	0·160	0	$t = 0 \cdot 001852$
11	0·160	0	$\alpha = 0 \cdot 0035''$.
12	0·180	— 5	

Zuckungen werden schwach. Die + Schwankung fiel aus.

Versuch IV.

Der Muskel ist ausgespannt, so dass er sich nicht verkürzen kann.

$$Sch_2 = 0 \cdot 000$$
$$Sch_1 = 0 \cdot 030$$

Nr.	*Sch*	*A*	
1	0·000	— 5	Compensation.
2	0·010	— 4	
3	0·030	— 5	
4	0·050	— 5·2	$Sa = 0·050$
5	0·070	— 29	$lg\ Ur = 0·98632 - 2$
6	0·090	— 28	Nervenlänge $= 22^{mm}$, $l = 37^{mm}$
7	0·110	— 13	$d = 0·004845''$
8	0·130	— 3	$t = 0·001370$
9	0·150	— 3	$\alpha = 0·0035''$
10	0·990	— 1·5	

Von Nr. 1—5 ist negative Nachwirkung zu beobachten, bei Nr. 5 bricht die Reizwelle ein. Der Anfang derselben ist frühestens auf *Sch* = 0·050 zu verlegen. + Schwankung fällt auch hier aus.

Ueber das Verhalten des secundären Tetanus bei verschiedener Reizfrequenz.

Von

Dr. K. Schoenlein,
Assistenten am physiologischen Institut zu Halle a. S.

Aus dem physiologischen Institut zu Halle.

Man hat die elektrische Reizung eines Nervmuskelpräparates durch die negative Schwankung seit längerer Zeit benutzt, um über die Natur der im thätigen Muskel ablaufenden Vorgänge Aufschluss zu gewinnen, wie dies in den hierauf bezüglichen Arbeiten von E. du Bois-Reymond, Harless, Hering und Friedrich, Hermann und anderen geschehen ist. Bei den meisten dieser Arbeiten wurden die Secundärwirkungen eines thätigen Muskels studirt, in der Absicht Genaueres zu erfahren über Continuität oder Discontinuität, Zahl und Verlauf der in ihm ablaufenden Zuckungen, und dadurch mittelbar Zahl und Art der den Muskel treffenden Impulse kennen zu lernen, sei es, dass er durch den Willen oder reflectorisch in Thätigkeit gesetzt wurde, sei es dass er sich in Folge einer elektrischen, chemischen oder irgend einer anderen Art von Reizung zusammenzog.

Die umgekehrte Richtung des Versuches, den secundären Tetanus zu studiren, wenn Zahl und Verlauf der Reizung für den primären Muskel bekannt waren, wurde von Morrat und Toussaint[1] eingeschlagen. Sie untersuchten das Verhalten des zweiten Nervmuskelpräparates, während im ersten Muskel eine bekannte Anzahl von Reizen, im Maximum 80 in der Secunde, ablief.

Soweit unsere Kenntnisse über den Verlauf der die secundäre Zuckung auslösenden Vorgänge reichen, war nicht wohl zu erwarten, dass sich die bei dieser Frequenz gewonnenen Resultate wesentlich von den anderweitig

[1] Morrat und Toussaint, Variations etc. *Archives de Physiologie normale et pathologique.* 1877. p. 156.

bisher erhaltenen unterscheiden würden. Die das zweite Präparat reizenden negativen Schwankungen fangen an einander ununterbrochen zu folgen erst bei einer Frequenz von etwa 240 Reizen in der Secunde, bei der Grenze also, bei welcher bedingungsweise die Anfangszuckung auftritt. Erst von dieser Frequenz aus könnte nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse der Ablauf der negativen Schwankungen principiell anders werden und deshalb wäre auch erst von dieser Reizgeschwindigkeit an eine Veränderung im Auftreten des secundären Tetanus zu erwarten. Es wurde mir seiner Zeit von Hrn. Prof. Bernstein vorgeschlagen, eine hierauf bezügliche Untersuchung anzustellen. Die gewonnenen Resultate sind bereits in meiner Doctordissertation veröffentlicht, wenn ich sie hier nochmals in Kurzem mitzutheilen wage, so geschieht dies in der Voraussetzung, dass die meisten Doctordissertationen in physiologischen Kreisen doch nicht gelesen werden, und weil ich die erhaltenen Resultate immerhin für interessant genug halte, um auch den speciellen Fachkreisen mitgetheilt zu werden.

Zur Erregung des primären Muskels wurde der akustische Unterbrecher Bernstein's in der von ihm [1] angegebenen Weise benutzt, mit dem einzigen Unterschiede, dass hin und wieder statt der Nebenschliessung von Kupfer in Kupfersulphat, welche an den Enden der Magnetisirungsspirale angebracht ist, und den Oeffnungsfunken abblenden soll, zur grösseren Bequemlichkeit eine kleine Rolle von dünnem, etwa zwei Meter langem, inductionsfrei gewickeltem Kupferdraht angebracht wurde.

Den zum Betriebe der Apparate nöthigen Strom lieferten zunächst zwei grosse Daniell'sche Elemente, um jedoch auch grössere Stromesintensitäten zur Verfügung zu haben, wurden mehrfach auch zwei Bunsen'sche Elemente, allein, oder in Verbindung mit zwei Grove'schen benutzt. Der secundäre Nerv lagerte auf dem primären Muskel, dem Froschgastroknemius, derart auf, dass sein abgeschnittenes, also centrales Ende auf dem Spiegel der Achillessehne, sein Muskelende in der Nähe der femoralen Insertion des primären Muskels auf diesem ruhte. Er wurde also vom Muskelstrom in aufsteigender Richtung durchflossen. Der secundäre Muskel war gleichfalls ein Gastroknemius. Zur Beobachtung wurde vorzugsweise die graphische Methode angewendet. Der den Muskel aufnehmende Apparat war folgendermaassen beschaffen.

Auf einem horizontalgestellten, an einer verticalen Stange verschiebbaren, mit Hartgummi belegten Brettchen von 10^{cm} Länge, 5^{cm} Breite sind an der Schmalseite nebeneinander zwei Klemmschrauben, und ihnen gegenüber, auf der anderen Schmalseite zwei leicht bewegliche, in Spitzen laufende Röllchen aus Hartgummi angebracht. In die Löcher der Klemm-

[1] Bernstein, *Untersuchungen* u. s. w. S. 98 ff.

schrauben werden die Femora der Nervmuskelpräparate befestigt. Von ihren Sehnen gehen, durch kleine Messinghäkchen mit ihnen verbunden, Fäden über die Rollen nach abwärts und durch Löcher in dem Brettchen zu den Schreibhebeln. Letztere sitzen übereinander an einem 7 ^{cm} langen Messingstab, welcher unterhalb der Klemmschrauben nach abwärts geht. In einer Entfernung von 5 und 7 ^{cm} vom Brettchen trägt dieser je eine kleine Gabel, in deren Enden je ein einen Schreibhebel tragendes Hartgummiröllchen mit den Spitzen seiner Achse eingefangen ist.

Die Achsen der Hebel stehen in derselben Ebene, parallel und senkrecht untereinander, die senkrecht zu den Achsen stehenden Hebel desgleichen. Letztere sind deshalb leicht und in derselben Ebene von oben nach unten beweglich. Die Verbindungsfäden zwischen Hebel und Muskel werden durch ein um die Rolle je eines Hebels laufendes etwa 1 ^{mm} dickes leicht angezogenes Kautschuckbändchen straff gehalten.

Die zuleitenden Elektroden gehen von den Polen der secundären Spirale durch einen als Nebenschliessung eingeschalteten du Bois-Reymond'schen Schlüssel in den queren Schenkel einer **T** förmigen Glasröhre, um daselbst in Platinösen zu enden, welche den in den anderen Schenkel eingezogenen Nerven umfangen. Diese Reizröhre ist leicht beweglich zur Seite des primären Muskels in einen auf das Brettchen aufgekitteten Kork eingesteckt. Die Elektrodendrähte sind durch ein Loch im Boden des Brettchens in die Reizröhre eingeführt, und werden, um bei der Einstellung des Zeichenapparates Berührungen mit den Hebeln zu vermeiden, an der das Brettchen zunächst tragenden horizontalen Stange festgebunden. Durch Aufsetzen eines Glaskastens mit feuchten Wänden auf das Brettchen wird der ganze Apparat in eine feuchte Kammer verwandelt.

Die senkrecht unter einander liegenden Spitzen der Hebel übertragen nun die Contraction der Muskeln um das Doppelte vergrössert auf eine Schreibtrommel von circa 40 ^{cm} Umfang. Das die Trommel treibende Uhrwerk wird durch einen Foucault'schen Regulator in gleichmässiger Bewegung gehalten und lässt die Trommel zwischen 6 und 7 Mal in der Minute um ihre Achse laufen, so dass eine Strecke von 7 ^{cm} ihres Umfanges etwa dem Zeitraum einer Secunde entspricht. Wir geben in der nachfolgenden Abbildung ein Schema der Versuchsanordnung.

In demselben bedeutet U den Magnet des akustischen Unterbrechers, NU die Nebenschliessung zur Drahtumwickelung desselben, F die schwingende Feder und Qu das Quecksilbernäpfchen. R_1 bedeutet die primäre Rolle, R_2 die secundäre Rolle des Inductionsapparates, NR die Nebenschliessung der primären Rolle und K endlich die stromliefernde Kette. Die Elektroden sind bezeichnet mit E, der du Bois-Reymond'sche Schlüssel mit S, M_1 ist der primäre Muskel, mit seinem Nerven auf den Elektroden E liegend,

M_2 der secundäre Muskel, dessen Nerv auf M_1 ruht. Die Schreibvorrichtung ist gleichfalls angedeutet.

Reizt man nun mit dem so hergerichteten Apparat den primären Muskel mit Stromstärken, welche an diesem Anfangszuckung ergeben, so bleibt der zweite Muskel entweder in Ruhe oder giebt gleichfalls eine Zuckung. Werden die Stromstärken so gewählt, dass sie den primären Muskel in Tetanus versetzen, so erhält man theils Tetanus des secundären Muskels, von wechselnder Höhe und Länge, theils kürzere Zeit dauernd, oder man erhält Curven, die sich in nichts von denen unterscheiden, welche der primäre Muskel als Anfangszuckung verzeichnet.

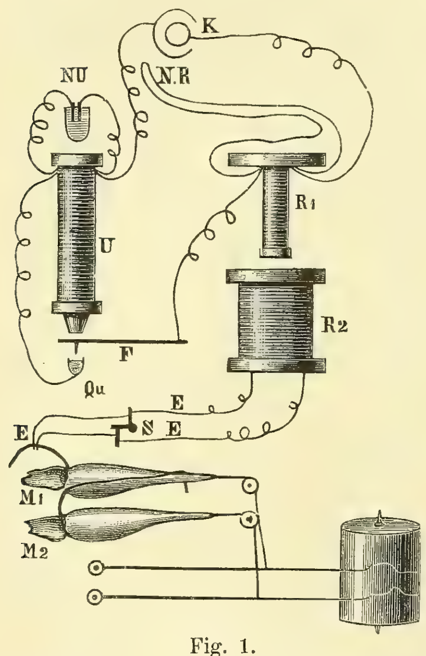


Fig. 1.

Secundäre Anfangs- und Endzuckung wurde gleichfalls beobachtet, Anfangszuckung allein sehr oft, eine Endzuckung allein dagegen nie. Wir geben in den folgenden Abbildungen Beispiele der hauptsächlichsten Curvenformen dieser Art, zum Vergleich ist noch eine einfache Zuckung auf Oeffnungsinductionsschlag beigefügt. Die Geschwindigkeit der rotirenden Trommel ist in allen Fällen dieselbe.

Die Höhe der secundären Anfangszuckung war verschieden. Sie erreichte die Höhe einer gewöhnlichen einfachen Zuckung, blieb jedoch auch vielfach unter derselben. Sie war natürlich kleiner, wenn die den primären Muskel treffenden Reize gering waren, und wuchs entsprechend der wechselseitigen Annäherung der reizgebenden Inductionsrollen bis zu ihrer vollen Höhe. Steigerte man die Reize weiter, so folgte sehr bald unter langsamerem Absinken des absteigenden Theiles der Curve ein kurzer Tetanus, oder es folgten während der Dauer des primären Tetanus noch einzelne secundäre Zuckungen nach. Der secundäre Tetanus nahm dann bei weiterer Reizsteigerung allmählich die Höhe und Dauer des primären an, oder blieb auch längere Zeit sehr gleichmässig auf submaximaler Höhe. Die Grenzen der Reizstärken, innerhalb deren secundäre Anfangszuckung eintritt, sind viel grösser, als bei der primären Anfangszuckung. Wenn beispielsweise bei einer Reizfrequenz von 300 Reizen in der Secunde eine

Rollenverschiebung von 11 cm auf 10 cm genügte, um die primäre Anfangszuckung in Tetanus zu verwandeln, so gingen die Grenzen für die Anfangszuckung des secundären Muskels bei demselben Präparat von 11 cm bis zum völligen Uebereinanderschieben der Rolle.

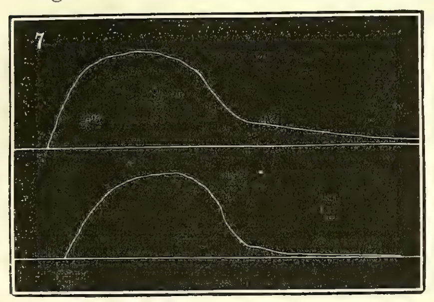


Fig. 2.
Primärer (oberer) und secundärer (unterer) Tetanus bei 560 Reizen in der Secunde.

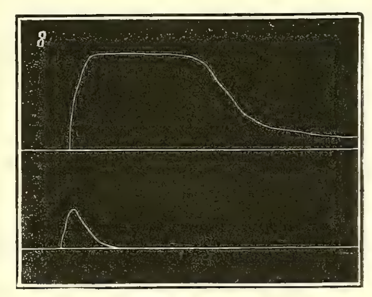


Fig. 3.
Primärer Tetanus, secundäre Anfangszuckung bei 880 Reizen in der Secunde.

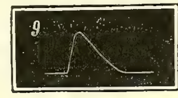


Fig. 4.
Zuckung auf Oeffnungsinductionsschlag.

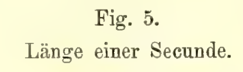


Fig. 5.
Länge einer Secunde.

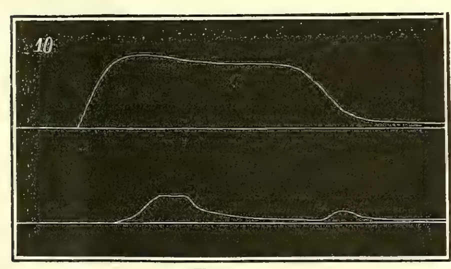


Fig. 6.
Primärer Tetanus, secundärer Anfangstetanus und secundäre Endzuckung bei 300 Reizen in der Secunde.

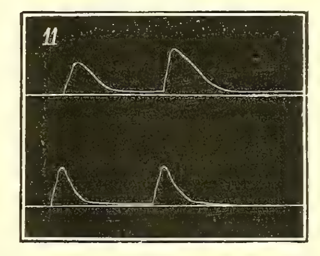


Fig. 7.
Primäre (obere) und secundäre (untere) Anfangs- und Endzuckung bei 220 Reizen in der Secunde.

Diese weiten Grenzen der Reizintensität werden zum Theil wohl als Folge der Ermüdung des primären Muskels aufzufassen sein, eine Erscheinung, die leider sehr oft auf den Verlauf einer Versuchsreihe störend einwirkt. Es treten nämlich öfter, besonders bei geringeren Reizfrequenzen und einer nur geringen Annäherung der Rollen bald secundäre Tetani ein, nachdem bei einer bestimmten Rollenentfernung secundäre Anfangszuckung eingetreten ist. Hat man dieselben dann bei unveränderter Reizstärke mehrmals auftreten sehen, so bemerkt man, selbst wenn man den

primären Muskel dadurch schont, dass man ihn nur so lange Zeit reizt, als zur Erkenntniss des secundären Tetanus nothwendig ist, dass sich der letztere rasch auf den Umfang einer Anfangszuckung reducirt, und sich auch bei weiterer Verstärkung der Reize — bis zum völligen Uebereinanderschieben der Rollen, – nicht wieder einstellt. Einlegen der Eisenkerne in die primäre Spirale ruft dann oftmals noch secundären Tetanus hervor, bleibt jedoch auch manchmal ohne Wirkung. Wenn man dann die Nebenschliessung der primären Spirale hinwegnimmt, so werden dann allerdings die Reize sofort immens verstärkt, aber auch zugleich theils rhythmisch ungleichmässig, indem auf den stärkeren Oeffnungsinductionschlag ein schwächerer Schliessungsschlag folgt u. s. w., theils aber werden durch den starken Oeffnungsfunken, der mit der Wegnahme der Nebenschliessung zugleich eintritt, unregelmässige Contactveränderungen hervorgerufen, so dass alsdann aus dem Erfolg der Reizung sich überhaupt nichts Sicheres mehr schliessen lässt. Das secundäre Präparat lässt dann oftmals die Ungleichmässigkeiten der Stromschliessung durch den zerrissensten Tetanus erkennen, wie es überhaupt ein gutes Reagens für unregelmässige Stromveränderungen im primären Kreise ist. Denn dem maximal contrahirten primären Muskel kann man es natürlich nicht ansehen, ob ungleichmässige Reizwellen seine Substanz durchlaufen, das secundäre Präparat jedoch giebt, insbesondere bei grösseren Reizfrequenzen und Reizstärken, welche näher am Schwellenwerth des Reizes für den secundären Muskel liegen, zu erkennen, wenn ein Lastwagen auf der Strasse vorbeifährt, oder wenn man sich zufällig etwas unsanft mit der Hand auf den Tisch gestützt hat.

Dass das Auftreten der secundären Anfangszuckung nach vorangegangenem secundären Tetanus als Ermüdungserscheinung zu betrachten ist, geht daraus hervor, dass der secundäre Tetanus oft wieder eintritt, wenn man dem primären Muskel einige Zeit zur Erholung gegönnt hat. Dies tritt besonders dann hervor, wenn man behufs einer Frequenzvergrösserung der Reize die schwingende Feder verkürzt hat, da diese Manipulation doch immer eine kleine Weile in Anspruch nimmt. Man hat vielleicht vorher bei übereinandergeschobenen Rollen kaum noch secundäre Anfangszuckung erhalten, und müsste in Folge der jetzt eintretenden gesteigerten Reizfrequenz erst recht nur Anfangszuckung erhalten, und siehe da, es tritt statt ihrer auch bei vergrössertem Rollenabstande wieder ein kräftiger secundärer Tetanus ein, als offenbarer Beweis, dass der primäre Muskel sich von einer durch die vorangegangenen Reizungen gesetzten Ermüdung wieder erholt hat. Der Grund für das Ausbleiben der secundären Wirkungen am primären ermüdeten Muskel ist einmal zu suchen in der Abnahme des ruhenden Muskelstromes während der Ermüdung, in Folge dessen auch die negativen Schwankungen überhaupt nicht die zur Wirkung nöthige Inten-

sität erlangen können, und andererseits ganz besonders in der durch Ermüdung gesetzten Formveränderung der negativen Schwankung selbst. Denn diese wird durch die Ermüdung länger, und ganz besonders in ihrer zweiten Hälfte gedehnt, so dass die Rückkehr zur Höhe des Ruhestromes viel langsamer geschieht als das Verschwinden desselben. Es verlieren dadurch die, während des Tetanus übrig bleibenden wirksamen Reste des Stromes im primären Muskel nicht bloss an Höhe, sondern wesentlich auch an Steilheit ihres Verlaufes, so dass wiederum die erwartete Wirkung auf den dem Muskel aufgelegten Nerven nicht eintreten kann. In diesen Fällen kommt dann nur die mit Beginn des primären Tetanus beginnende erste negative Schwankung zur Geltung, die Reste der übrigen bleiben wegen ihrer Kleinheit, und die zweite Hälfte der letzten negativen Schwankung insbesondere bleibt wegen ihres allmählichen Verschwindens ohne Wirkung, so dass nur eine secundäre Anfangszuckung resultirt. Es erklärt sich hieraus auch das seltene Aufteten der secundären Endzuckung, die man ohne den Einfluss der Ermüdung entschieden viel häufiger erwarten müsste. Einen numerischen Beleg für das Auftreten der secundären Anfangszuckung aus Ermüdung des primären Muskels halte ich zu geben für unnöthig, da er die Verhältnisse auch nicht genauer beleuchten würde.

Wir haben oben gesehen, dass, abgesehen von den durch Ermüdung bedingten Veränderungen der Verhältnisse, die secundäre Anfangszuckung abhängig ist von der Stärke der den primären Muskel treffenden Reize. Wir haben danach zu fragen, ob die secundäre Anfangszuckung, gleich der primären abhängig ist von der jeweiligen Frequenz der im primären Muskel ablaufenden Reize.

Gemäss den Bernstein'schen Versuchen tritt bei Benutzung seines Apparates die erste Spur einer Anfangszuckung am primären gereizten Muskel ein bei einer Frequenz von 220[1] Reizen in der Secunde, bei einer Frequenz von 300 Reizen in der Secunde ist sie sicher zu constatiren. Es fragt sich, ob ein gleiches Verhältniss für die secundäre Anfangszuckung vorliegt. A priori ist dasselbe zu erwarten, jedoch sind die Verhältnisse etwas complicirterer Natur als bei einfacher Muskelreizung. Die Bedingungen, vermöge deren die secundäre Anfangszuckung in Folge von Ermüdung bei Reizfrequenzen von über 220 Reizen in der Secunde auch dann wieder auftritt, wenn die Reize gemäss ihrer Graduirung eigentlich secundären Tetanus hervorrufen müssten, gelten natürlich auch für Reizfrequenzen, die unter der zur Hervorrufung der primären Anfangszuckung liegenden Grenze stehen. Ferner folgt, zum wenigsten so lange an dem frischen unverletzten Muskel die parelektronomische Schicht erhalten bleibt,

[1] Bernstein, a. a. O. S. 214.

jeder negativen Schwankung eine positive nach. Ist letztere aber als ein besonderer Reiz für den dem primären Muskel aufgelagerten Nerv aufzufassen, so würden statt je eines Reizes, der den primären Muskel trifft, den secundären Muskel deren zwei treffen, der secundäre Muskel also mit der doppelten Zahl der Reize gereizt werden, welche den primären Muskel treffen. Unter diesen Umständen müsste secundäre Anfangszuckung noch getroffen werden bei einer Reizfrequenz des primären Muskels, die nur die Hälfte derjenigen betragen würde, welche nöthig ist, um primäre Anfangszuckung zu bewirken, also bei Reizung des primären Muskels mit circa 110 Schlägen pro Secunde. Bei dieser Frequenz wurde indessen die secundäre Anfangszuckung nicht mehr beobachtet, zum Theil vielleicht deswegen, weil die parelektronomische Schicht, und mit ihr die positive Schwankung überhaupt sich nicht lange am ausgeschnittenen Muskel erhält, zum Theil ist aber vielleicht auch die positive Schwankung zur Erzeugung secundärer Wirkung nicht gross genug.

Man wird die Grenze der Reizfrequenz für die secundäre Anfangszuckung da suchen müssen, wo die Contractionen des secundären Präparates gleich bei schwächsten Reizungen als Tetani beginnen, und bei weiterer Schwächung der Reize ausbleiben. Um die ganze Scala der Reizfrequenz durchzuprobiren reicht ein Präparat nicht aus, da der primäre Muskel dann zu bald ermüdet, in einzelnen Fällen gelingt es indessen doch eine ziemliche Reihe Reizfrequenzen an demselben Präparate durchzuprobiren, und man findet dann allerdings die Grenze für die secundäre Anfangszuckung auch in der Gegend von 220 Reizen in der Secunde. Insbesondere ist dann instructiv der Umstand, dass bei demselben Rollenabstande, der etwa eben eine Wirkung gegeben hat, bei öfterer Wiederholung der Reizungen der Tetanus bald vollkräftig erscheint, bald ganz wegbleibt, ohne dass jedoch an seiner Stelle eine Anfangszuckung einträte. Ob dann vielleicht an dem Ausbleiben der secundären Wirkung momentane Erregbarkeitsänderungen des secundären Nerven schuld sind, lässt sich nicht entscheiden, es demonstrirt diese Erscheinung jedoch so viel, dass die benutzte Reizfrequenz zur Erzeugung der secundären Anfangszuckung ungenügend gewesen ist. Treten dann bei weiterer Verstärkung der Reize durch Annäherung der Rollen aneinander noch nachträglich secundäre Anfangszuckungen auf, so ist man ohne weiteres berechtigt, dieselben als Ermüdungserscheinung des primären Muskels aufzufassen. Ich führe hierfür in nachfolgendem Versuch ein Beispiel an. Die Reizfrequenz beträgt circa 180 Reize in der Secunde. In den nachfolgenden Colonnen bedeutet R den Rollenabstand, PM den Erfolg der Reizung am primären und SM den Erfolg der Reizung am secundären Präparate.

R.	*P. M.*	*S. M.*	Bemerkungen.
130 mm	Tetanus	Ruhe	
120 „	„	Tetanus	
125 „	„	„	Secundärer Tetanus etwas ungleichmässig, doch stark.
130 „	„	Ruhe!	
130 „	„	Starker Tetanus!	
125 „	„	„ „	
128 „	„	Minimaler Tetanus	
127 „	„	Unregelmässiger, jedoch starker Tetanus.	
126 „	„	Tetanus niedrig, unregelmässig.	
130 „	„	Secundäre Anfangs- und Endzuckung.	Die Curven werden auf eine neue Zeile geschrieben.
130 „	„	Anfangszuckung.	
130 „	„	ohne Wirkung.	
130 „	„	Anfangszuckung.	
130 „	„	ohne Wirkung.	Neue Zeile.
120 „	„	sehr niedriger Tetanus.	
110 „	„	Tetanus etwas höher als der vorige.	
100 „	„	unregelmässige Zuckungen.	
95 „	„	flach gedehnte und sehr niedrige Anfangszuckung.	
80 „	„		
50 „	„		
0 „	„		

Aus der genannten Versuchsreihe geht deutlich hervor, dass die secundäre Anfangszuckung hier nur durch Ermüdung des primären Muskels hervorgerufen ist, denn sonst hätte sie bei den ersten den Muskel treffenden schwächeren Reizen erst recht auftreten müssen: zumal da dieselben so nahe an der Grenze der Wirksamkeit standen, dass dieselbe ab und zu ausfiel.

Eine secundäre Anfangszuckung durch Ermüdung des primären Muskels beobachteten schon Morrat und Toussaint[1] bei einer Frequenz von 70

[1] *Archives de Physiologie normale et pathologique.* 1877. p. 170 u. 171. Vergl. auch die Abbildungen daselbst.

bis 80 Reizen in der Secunde. Sie sind jedoch der Meinung, dass der elektrische Zustand des primären Muskels bei dieser Reizfrequenz ein gleichmässiger sei: „Ainsi l'état électrique du muscle est susceptible de se modifier dans le cours d'une même contraction; il peut être variable au commencement, uniforme à la fin. Ces deux états opposés se repartissent inégalement, le second empiétant sur le premier à mesure qu'on augmente la fréquence des excitations, autrement dit à mesure que ces secousses deviennent plus parfaitement fusionnées". In wie weit der elektrische Zustand des Muskels hierbei „uniforme" sei, wollen wir dahin gestellt sein lassen, um einen einigermaassen elektrisch gleichartigen Zustand des tetanisirten Muskels bei 70 Reizen in der Secunde herbeizuführen, müsste sich die negative Schwankung doch mindestens urplötzlich um das Dreifache gedehnt haben, und wenn wir auch an der Richtigkeit der von den genannten Autoren beobachteten Erscheinung nicht zweifeln können, so werden wir doch auch hier besser thun, anzunehmen, dass die von ihnen beobachtete Erscheinung hervorgerufen sei durch Schwächung des Ruhestromes im primären Muskel, zumal da sie auch am frischen unermüdeten Präparate fast nur secundären Tetanus beobachtet haben.

Wir fassen die Resultate unserer Untersuchung in Kurzem zusammen wie folgt:

1) Die secundäre Anfangszuckung, so weit sie etwa ein Analogon der primären Anfangszuckung ist, tritt in denselben Grenzen der Reizfrequenz auf, in welche die primäre Anfangszuckung eingeschlossen ist. Secundäre Anfangszuckung bei geringerer Reizfrequenz ist eine Ermüdungserscheinung des primären Muskels.

2) Es vermag sich die secundäre Anfangszuckung bei jeder dem akustischen Unterbrecher zugänglichen Reizfrequenz in Tetanus umzuwandeln, sobald man die primären Reize genügend verstärkt, und der primäre Muskel nicht ermüdet ist.

3) Secundäre Anfangszuckung, welche bei stärkeren Reizen auftritt, nachdem bei schwächeren Reizen erst secundäre Anfangszuckung, dann bei Verstärkung der Reize secundärer Tetanus aufgetreten ist, ist eine Ermüdungserscheinung des primären Muskels.

Zur Frage nach der Natur der Anfangszuckung.

Von

Dr. K. Schoenlein,
Assistenten am physiologischen Institut zu Halle.

Aus dem physiologischen Institut zu Halle.

Bei der im Vorangehenden mitgetheilten Untersuchung über die secundäre Anfangszuckung drängte sich mir mehrmals die Frage auf, ob die Anfangszuckung einfacher Natur, d. h. nicht etwa ein abgekürzter Tetanus sei. Die meisten Bearbeiter der Anfangszuckung scheinen dieselbe als eine einfache Zuckung betrachtet zu haben. Kronecker bestreitet dies jedoch bei der Mittheilung seiner mit dem Toninductorium angestellten Untersuchungen sehr energisch, und betrachtet sie als einen durch Ermüdung stark abgekürzten Tetanus.[1]

Zur Entscheidung dieser Frage steht zunächst der Weg offen, die Anfangszuckung hinsichtlich ihrer Dauer und Latenzzeit mit einer durch einen einzelnen Oeffnungs- oder Schliessungsinductionsschlag gewonnenen echten Muskelzuckung zu vergleichen. Das graphische Verfahren bietet hierzu die beste Gelegenheit. Da dasselbe bis jetzt von den Beobachtern der Anfangszuckung, und auch von Kronecker nicht benutzt ist, obwohl er diesen Mangel ausdrücklich hervorhebt,[2] schien es von Belang, das Versäumte nachzuholen.

Da es sich hierbei um genau auszuführende Messungen handelt, war eine gewöhnliche rotirende Trommel selbstverständlich von der Benutzung ausgeschlossen. Ich verwendete deshalb zur Aufzeichnung der Zuckungscurve das Helmholtz'sche Myographion. Als Muskel diente der Froschgastroknemius, nach üblicher Methode mit dem Nerven auspräparirt.

[1] Kronecker und Stirling, Die Genesis des Tetanus. *Dies Archiv.* 1878. Dies scheint mir zum wenigsten aus den verschiedenen die Anfangszuckung betreffenden Stellen hervorzugehen, wenn er es auch an keiner Stelle direct gesagt hat.

[2] A. a. O. S. 26.

Die Anordnung des reizliefernden Kreises war, wenn der akustische Unterbrecher benutzt werden sollte, die gewöhnlich benutzte, doch gingen die Drähte der secundären Spirale von dem du Bois'schen Schlüssel aus zur Wippe des Myographions und erst von dort zum Nerven. Die Wippe war als Nebenschliessung, analog dem du Bois'schen Schlüssel eingeschaltet. Derselbe blieb geöffnet, bis die Muskelcontraction nach dem Umwerfen der Wippe verzeichnet war, dann wurde er sofort geschlossen, um den Nerven nicht während der zum Anhalten des Uhrwerks und Schliessen der Wippe nöthigen Zeit unnütz zu ermüden. Nachdem die Anfangszuckung verzeichnet war, wurden die Drähte der primären Kette mit der Wippe verbunden, die Elektroden der secundären Spirale direct zum Nerven geführt, und alsdann eine einfache Oeffnungszuckung verzeichnet.

Hierbei ergab sich zunächst, dass die Reize, welche der Inductionsapparat lieferte, wenn der Unterbrecher im Gang war, schwächer wirkten, als ein einfacher Oeffnungsinductionsschlag in demselben Kreise. Es musste, um die Höhe der Anfangszuckung derjenigen gleich zu machen, welche ein einfacher Oeffnungsinductionsschlag lieferte, die Rollenentfernung zwischen primärer und secundärer Spirale um ein Beträchtliches vermindert werden, und in nicht seltenen Fällen blieb die Wirkung des akustischen Unterbrechers ganz aus bei Rollenabständen, bei welchen sich eine beträchtliche Oeffnungszuckung ergab, wenn der Kreis von der Hand durch entsprechende Biegung der Feder des Unterbrechers geöffnet und geschlossen wurde. Es betrug beispielsweise die Reizstärke, nach Rollenentfernungen ausgedrückt, für die einfache Oeffnungszuckung 105 ^{mm}, für die entsprechend hohe Curve bei Benutzung des akustischen Unterbrechers 87 ^{mm}.

Unter diesen Verhältnissen ergaben sich bei einer Länge der schwingenden Feder von 20 ^{mm}, welche 990 Schwingungen in der Secunde machte, bei vier zu je zwei mit den gleichnamigen Polen verbundenen und dann zur Kette geordneten Elementen die anbei gezeichneten Curven.

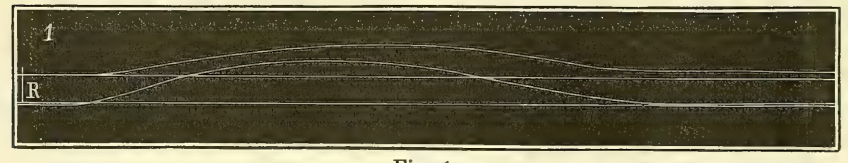


Fig. 1.

Von diesen ist die obere durch tetanische Reizung mit dem akustischen Unterbrecher gewonnen, die untere auf Reiz mit gewöhnlichem Oeffnungsinductionsschlag bei den genannten Reizstärken verzeichnet. Der senkrechte Strich bei *R* bezeichnet den Moment der Reizung, eine Länge von etwa 12 ^{cm} entspricht einem Sechstel Secunde, die Curven sind von links nach

rechts zu lesen. Das Maximum der Anfangszuckung tritt, wie man sieht, etwas später ein, als das der einfachen Zuckungscurve. Die Längendifferenz der beiden Maxima beträgt etwa 1 Centimeter, ihre zeitliche Differenz demnach etwa $^1/_{70}$ Secunde, auch ist eine geringe Contractur bei der Anfangszuckung zurückgeblieben, deren Verlauf überhaupt etwas gedehnter ist, zum Schluss kommt bei beiden eine elastische Nachschwankung. Der Wendepunkt, bei welchem der absteigende Theil der Curve in die Nachschwankung übergeht, tritt bei der Anfangszuckung ein wenig früher auf,[1] und dies mag wohl seinen Grund in der bei ihr zurückgebliebenen Contractur haben. Die Contractur bei der Anfangszuckung scheint, nach den wenigen Curven zu schliessen, die ich habe verzeichnen lassen, stets etwas grösser zu sein als bei der Oeffnungszuckung. Die Latenzzeiten und der Beginn der Zuckung scheinen bei beiden Curven die gleichen zu sein, deutliche Differenzen sind zum wenigsten nicht vorhanden.

Ein durchschlagender Einwand gegen die einfache Natur der Anfangszuckung am akustischen Unterbrecher lässt sich somit aus der Form ihrer Curve nicht ableiten.

Und doch sind bei dieser Erscheinung Additionen von Reizen im Spiele. Der stricte Beweis hierfür lässt sich auf folgendem Wege erbringen. Es ist schon oben erwähnt worden, dass die Reize, welche der Inductionsapparat bei spielendem akustischen Unterbrecher liefert, schwächer wirken, als diejenigen, welche bei sonst gleicher Versuchsanordnung durch einfache Oeffnung und Schliessung der Kette hervorgebracht werden. Der Grund hierfür kann einmal in der grösseren Frequenz der Reize selbst, anderentheils aber auch in einer geringeren Intensität derselben liegen. Liegt er nur in der stärkeren Frequenz, so müssten ein einzelner oder auch einige wenige Reize, dem Muskel zugeführt, während der Unterbrecher im Gang ist, bei derjenigen Reizstärke, welche für gewöhnlich die Anfangszuckung hervorruft, gleichfalls eine Zuckung bewirken, fällt dieselbe jedoch dann aus, und tritt erst wieder auf, nachdem cet. paribus, also bei derselben Frequenz die Zahl der das Nervmuskelpräparat treffenden Reize vermehrt ist, so ist dadurch dargethan, dass der Einzelreiz zu schwach war, um wirksam zu sein, die Anfangszuckung also erst durch eine Summe von Reizen bewirkt wurde. Nun wird man die Reize dem Muskel schwerlich durch ein äusserst geschwindes Oeffnen und Schliessen des du Bois'schen Schlüssels in der erwünschten Isolirung zuführen können. Wir besitzen jedoch in dem Rheotom ein sehr brauchbares Mittel, um aus einer Reihe von Reizen einzelne beliebig herausnehmen und sie dem Nervmuskelpräparate zuführen zu können. Die Versuchsanordnung, welche ich hierfür getroffen habe, ist folgende: nach-

[1] In dem beigegebenen Holzschnitt nicht deutlich ausgeprägt.

dem der primäre Kreis wie gewöhnlich aufgestellt und der Unterbrecher in Gang gesetzt ist, wird der Reizschieber des Rheotoms so weit heruntergeschraubt, dass die an ihm sonst anschlagende Klinge des Rheotomrades denselben nicht mehr berühren kann. Der eine Pol der secundären Spirale geht dann in das äussere Quecksilbernäpfchen, durch den rotirenden Bügel des Instrumentes weiter zum inneren Quecksilbernäpfchen und von da zum Nerven, die andere Elektrode geht direct zum Nerven, beide gehen jedoch vorher durch einen du Bois'schen Schlüssel. Zu der durch die Quecksilbernäpfchen gehenden Elektrode ist noch ein Nebenweg eingeschaltet, welcher von dem äusseren Quecksilbernäpfchen durch einen zweiten du Bois'schen Schlüssel zu dem ersten Schlüssel führt. Die beistehende Figur wird das eben Gesagte verdeutlichen. Der Kreis der primären Spirale ist nicht mit aufgezeichnet. *I* bedeutet die secundäre Spirale des Inductionsapparates, *R* das durch einen seiner Durchmesser dargestellte Rad des Rheotoms, S_1 den ersten, S_2 den zweiten du Bois'schen Schlüssel, *M* endlich das Nervmuskelpräparat nebst Schreibvorrichtung. Der Schlüssel S_1 dient zur Unterbrechung der Reizung überhaupt, der Schlüssel S_2 wird benutzt um das Rheotom in den Kreis ein- oder auszuschalten. Ist nämlich S_2 geschlossen, so geht der Inductionsstrom vom Pole *a* der Rolle durch das Quecksilbernäpfchen *b* in der Richtung des doppelt gefiederten Pfeiles nach S_2 und dann zum Nerven, ist S_2 geöffnet, so geht er durch das Quecksilbernäpfchen *b*, den rotirenden Bügel des Rheotoms *c* in das Quecksilbernäpfchen *d* und dann ebenfalls zum Nerven, wie dies die Richtung des einfachen Pfeiles andeutet. Die Zahl der durch den rotirenden Bügel dem Muskel zugeführten Reize vermag man durch die Umdrehungsgeschwindigkeit des Rheotomrades oder durch Verschiebung der Quecksilbernäpfchen gegen einander beliebig zu variiren, und dann, wie soeben gezeigt, je nachdem man nur den Schlüssel S_1, oder S_1 und S_2 zugleich öffnet, den Muskel auf die gewöhnliche Weise, oder mit der durch die Rheotomeinstellung gegegebenen Reizzahl zu reizen.

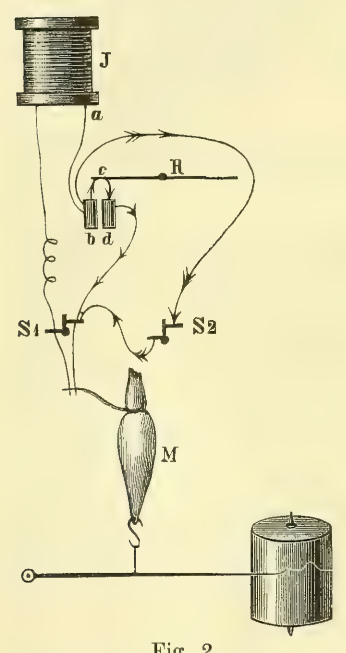


Fig. 2.

Reizt man nun mit der derart hergestellten Vorrichtung den Muskel

abwechselnd durch einfaches Oeffnen und Schliessen von S_1 oder mit einer beschränkten Anzahl von Reizen durch das Rheotom, so ergiebt sich folgendes. Nachdem man durch Verschiebung der Rollen diejenige Reizstärke ausgemittelt hat, welche Anfangszuckung ergiebt, so bleibt die Zuckung aus, wenn man das Rheotom einschaltet; verstärkt man successive die Reizung durch Annäherung der Rollen, bis man bei eingeschaltetem Rheotom eine merkliche Wirkung erhält, so zeigt sich Tetanus, wenn man das Rheotom ausschaltet. Ein Beispiel wird die Verhältnisse besser erläutern.

Die Feder des Unterbrechers giebt einen Ton von etwa 100—120 Schwingungen, entsprechend 220—240 das Nervmuskelpräparat treffenden Reizen. Die Rollen des Inductionsapparates sind einander auf 25 mm Abstand genähert, bei welcher Entfernung die gewöhnliche Reizung eben Tetanus liefert. Das Rheotomrad macht 5 Umläufe in der Secunde, die Quecksilbernäpfchen des Instrumentes sind so eingestellt, dass sie auf eine Länge von 5 Theilstrichen (1 Theilstrich = $^1/_{100}$ des Umfanges) mit einander durch den rotirenden Bügel verbunden werden, dem Muskel also je während eines Umlaufes $^{220}/_{100}$, also jedesmal 2 Reize[1] zuführen. Bei Oeffnung von S_1 und geschlossenem S_2 wird jetzt die beigezeichnete Tetanuscurve gewonnen.

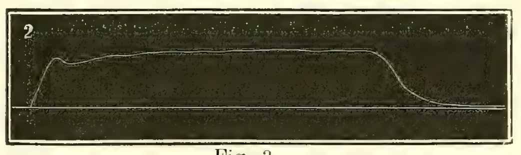


Fig. 3.

Jetzt öffne ich gleichfalls den zweiten Schlüssel, und der Muskel bleibt in Ruhe. Die secundäre Spirale wird jetzt bis auf 10 mm Entfernung an die erste herangeschoben und der Muskel verzeichnet, nachdem beide Schlüssel zugleich geöffnet sind, folgende Curven, deren jede einzelne einer Rheotomreizung entspricht.

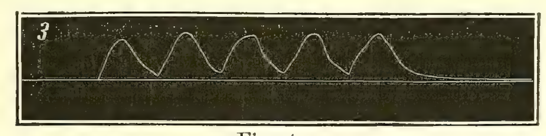


Fig. 4.

S_2 wird jetzt wieder geschlossen, das Rheotom also ausgeschaltet, und der Muskel verzeichnet Tetanus. Die Rollen werden jetzt auf 15 und 20 mm

[1] Besser gesagt Inductionsschläge, oder Theile von ihnen. Im günstigsten Falle, wenn gerade zu Anfang und in der Mitte einer Contactschliessung durch das Rheotom eine Unterbrechung im primären Kreise stattfindet, giebt es zwei volle Inductionsschläge, und den Rest des vorangehenden und den Anfang des nächstfolgenden, in jedem anderen Falle wird sich nur ein Inductionsschlag voll entwickeln können, von den übrigen giebt es nur Theile, welche zum Nerven gelangen.

von einander entfernt, ohne dass sich der Erfolg der beiden Reizungsarten änderte. Dann wird die Rollenentfernung auf 23 mm vergrössert und jetzt zeigen sich bei Einschaltung des Rheotoms die nachstehend gezeichneten Curven, während die gewöhnliche Reizmethode Tetanus ergiebt.

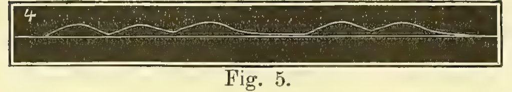


Fig. 5.

Nach diesem wird der Feder eine schnellere Schwingungszahl gegeben (440 Schwingungen, entsprechend 880 Reizen), die Rollen auf 29 mm Entfernung gestellt, und der Muskel verzeichnet bei ausgeschaltetem Rheotom Anfangs- und Endzuckung, wie sie nebenstehende Zeichnung wiedergiebt.

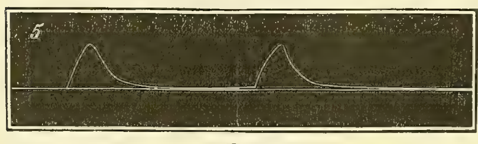


Fig. 6.

Das Rheotom wird jetzt eingeschaltet, (Schliessungszeit unverändert) und der Muskel bleibt in Ruhe, nach Ausschaltung des Rheotoms zeigt er Anfangszuckung: bei Verminderung der Rollenentfernung auf 24 mm erscheint ohne Rheotom Tetanus, mit Einschaltung des Rheotoms folgende Curve.

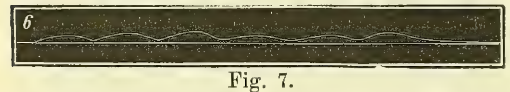


Fig. 7.

Nach Ausschaltung des Rheotoms trat auch hier wieder Tetanus auf, und zwar gleich den übrigen Tetanis stetig und von voller Höhe. Die Schliessungszeit wird jetzt auf die Länge von drei Theilstrichen verkürzt, während der zur Verstellung der Schieber und zur Bestimmung der Reizdauer nöthigen Zeit kann sich der Muskel etwas ausruhen. Er giebt jedoch jetzt, bei verkürzter Schliessungszeit keine Zuckung mehr, reagirt aber auf einfache Reizung durch Oeffnen des ersten Schlüssels bei ausgeschaltetem Rheotom mit kräftiger Anfangszuckung.

Nach einer Pause von $^1/_4$ Stunde wird der Versuch wiederholt. Die Erscheinungen waren die gleichen. Rückte man jedoch, während das Rheotom eingeschaltet war, mit der Reizstärke möglichst an die für diesen Fall bestehende Schwelle des Reizes heran, so fielen die Erfolge der Rheotomreizung sehr oft aus, während die zu Stande kommenden Zuckungen natürlich sehr klein waren.

Die auf S. 361 verzeichnete Tetanuscurve dauert, gröblich gemessen $1^1/_2$ Secunde, während derselben liefen circa 350 Reize im Muskel und Nerven ab. Während sie aber alle zusammen einen sehr kräftigen Tetanus zu geben vermögen, sind sie einzeln oder auch zu Paaren nicht im Stande, den Muskel überhaupt zu erregen. Eine gleichmässige Erregung, jedoch eine bedeutend schwächere als die ist, welche sie in der genannten Anzahl

von 350 als Tetanus bewirken, kann für die Einzelreize erst dadurch geschafft werden, dass sie durch Annäherung der Rollen von 25 auf 20 mm verstärkt werden. Dann liefern sie die auf S. 361 gezeichnete Curve Nr. 3. Wird die Entfernung der Rollen wieder um einiges vergrössert, die Reizstärke also vermindert, so fangen die Einzelreize sofort an unregelmässig zu wirken und ab und zu gänzlich effectlos zu bleiben, wie dies die Curve Nr. 4 S. 362 zeigt. Die Veränderungen der Stromstärke, welche eine Annäherung der Rollen von 25 auf 20 mm an dem benutzten Apparate giebt, gehen nach einer von Hrn. Dr. Marchand, dem früheren Assistenten des hiesigen physiologischen Institutes, ausgeführten Messung von 75 auf 80 Procent, sind also ziemlich beträchtlich. In der letzten Zuckungsserie dieses Versuchs, in welcher dem Muskel Gruppen von fünf Reizen während je $^3/_{500}$ Secunden zugeführt wurden, musste den Rollen ein Abstand von 10 mm gegeben werden, um überhaupt deutliche Zuckungen zu sehen, während eine mindestens dreimal höhere Anfangs- und Endzuckung schon bei einem Rollenabstand von 20 mm auftrat. Die Reizintensitäten variirten hier von 85 bis 96 Procent, also um eine so bedeutende Grösse, dass bei der die Anfangszuckung bewirkenden Rollenentfernung von 20 mm ein einzelner von dem Unterbrecher gelieferter Reiz sicherlich ganz erfolglos gewesen wäre. Wir halten es demnach durch den vorliegenden Versuch für erwiesen, dass die Anfangszuckung unzweifelhaft das Product mehrerer Reize ist, deren jeder einzelne zu schwach sein würde, für sich allein den Muskel in Zuckung zu versetzen.[1]

Somit hätte man eigentlich von der primären Anfangszuckung eine grössere Latenzzeit zu erwarten, als von einer gewöhnlichen einfachen Zuckung. Wenn z. B. bei einer Reizfrequenz von 1000 Reizen pro Secunde 10 Reize nöthig wären, um die Anfangszuckung hervorzurufen, so würde dieselbe erst beginnen, wenn der 10. Reiz im Muskel abzulaufen beginnt, demnach $^{10}/_{1000} = {}^1/_{100}$ Secunde später, als diejenige Zuckung, die der erste Reiz am Muskel bewirkt haben würde, wenn er allein genügend kräftig gewesen wäre. Eine genauere Verfolgung dieses Problems lag jedoch nicht im Bereiche unserer Untersuchung, und würde

[1] Nebenbei wird auch der Schluss berechtigt sein, dass der Contact des akustischen Unterbrechers nicht so unregelmässig ist, wie von manchen behauptet wird, sonst würde sich unter den in Fig. 4 und Fig. 6 gezeichneten Curven doch sicher die eine oder die andere durch auffallende Grösse auszeichnen. Bei Fig. 6 entsteht eine Curve durch 8·8 Inductionsschläge, es kommen je 5 Curven auf die Secunde. Es ist aber bei der unparteiisch durch das Rheotom erfolgten Auswahl von 5 mal 8·8 = 44 Inductionsschlägen aus den ganzen 880 während der Auswahl erfolgten Schlägen kein einziger so gross, dass er eine einzelne Zuckung allein auszulösen, oder den gemeinsamen Effect von je 8 Schlägen merklich zu stören im Stande gewesen wäre.

dieselbe einer später vorzunehmenden Arbeit vorbehalten werden. Dass eine ähnliche Erscheinung vorliegt, darauf scheint das spätere Auftreten des Zuckungsmaximums gegenüber dem Maximum einer einfachen Zuckung hinzudeuten, eine genauere Untersuchung dieses Verhältnisses wird jedoch Schwierigkeiten darin finden, dass sich die Curven der beiden vorliegenden Zuckungsformen nicht wohl werden congruent machen lassen.

Ich habe nun noch eines Einwandes zu gedenken, der mir von competenter Seite gegen die Brauchbarkeit der benutzten Methode gemacht wurde. Der wechselnde Contact zwischen Luft und Quecksilber in dem intermittirend die Leitung schliessenden, rotirenden Bügel des Rheotoms könnte einen Widerstand in die Leitung einführen, und dadurch die Wirkung der Inductionsströme schwächen, die Resultate also, die man durch Einschaltung des Rheotoms in den Elektrodenkreis erhält, nicht vergleichbar machen mit denen, welche sich bei ausgeschaltetem Rheotom ergeben. Auch könnte die Rotation des Bügels im Quecksilber genügen, um den Widerstand der Elektrodenleitung zu vergrössern und dadurch die Stromstärke zu verkleinern. Ich stellte deshalb folgenden Versuch an.

Es wird centrisch und senkrecht zur Achse des Rheotoms auf dasselbe ein Ring aus Hartgummi aufgesetzt, in welchem zwei den Spitzen des rotirenden Bügels entsprechende Rinnen von etwa 8 mm Breite und Tiefe ausgedreht sind. Dieselben werden mit Quecksilber gefüllt, bis an dem gut horizontal gestellten Instrumente die Spitzen des rotirenden Bügels vom Quecksilber benetzt werden. Mittelst zweier, in je einen Quecksilberring eintauchender Drähte wird nun der Zweigstrom eines, von einem Daniell'schen Elemente betriebenen Rheochordes durch die Quecksilberringe und den rotirenden Bügel hindurch zu einer Wiedemann'schen Bussole geschickt. Man vergleicht nun die Ablenkungen der Magnetnadel bei stillstehendem Rheotom mit denen, welche entstehen bei rotirendem Rheotom. Während der Rotation spritzt ziemlich viel Quecksilber seitlich ab, da dasselbe über die Oberfläche des Hartgummiringes emporsteht, und es entstehen bei geschwinder Rotation (6—8 Umdrehungen) Continuitätstrennungen des Quecksilbers in der äusseren Rinne, über welche der Bügel hinwegläuft. In diesem Moment ist die Leitung natürlich unterbrochen. Durch die Rotation entstehen ferner auch ziemlich beträchtliche Wellen, welche die continuirliche Ableitung zur Bussole gleichfalls beträchtlich stören. Ich lasse daher die Spitzen zunächst ziemlich tief eintauchen, und erhalte dann bei rotirendem und ruhendem Contacte ziemlich gleiche Ablenkungen, wie folgende kleine Tabelle zeigt. Die Zahlen bedeuten hier den constanten, nicht den ersten durch das Einbrechen des Stromes in die Bussole gegebenen Ausschlag, nach Scalentheilen gemessen.

Ablenkung in Scalentheilen

bei rotirendem	bei ruhendem Contact.	Bemerkungen.
108	109	Die Spitzen des Bügels tauchen tief ein, es
100	104	wird viel Quecksilber abgeschleudert.
76	127	Bei Ruhestellung zeigt sich der äussere Quecksilberring circa 5 mm lang unterbrochen. Die Lücke wird durch frisches Quecksilber ausgefüllt.
127	127	Die Spitzen werden flach gestellt.
116	127	Die Spitzen werden tiefer eingetaucht.
127	nicht nochmals gemessen.	

Die Rotation an sich thut also der Leitung keinen Schaden, die Differenz $^{100}/_{104}$ in der zweiten Zeile rührt jedenfalls schon von den Unterbrechungen in der Leitung her, die sich bei der nächsten Messung so deutlich zeigten. Auch die vorletzte Messung $^{116}/_{127}$ zeigt den Ausfall für das rotirende Rheotom wohl deshalb, weil die flach stehenden Spitzen des Bügels die unter ihnen weglaufenden Wellenthäler im Quecksilberringe überspringen.

Zur Bestimmung eines etwaigen Contactwiderstandes in Folge des Contactwechsels zwischen Bügel und Quecksilber, Bügel und Luft vergleicht man ebenfalls die vom rotirenden und ruhenden Rheotom erhaltenen Ablenkungen mit einander, indem man beide Male durch die Contactnäpfe und den Bügel zur Bussole ableitet. Da nach du Bois-Reymond sich für die Ableitung durch den Bügel während der Rotation ein durch die Induction in den Windungen der Bussole gesetztes Ablenkungsdeficit ergiebt, muss man für diesmal den Bussoltheil des Stromes nur durch einen einfachen, vor dem Nadelpaar ausgespannten Draht durchleiten, um die Inductionswirkung zu vermeiden. Ich benutzte hierzu einen etwa 75 cm langen Kupferdraht, welcher, durch Reissbrettnägel kreisförmig auf einem Brettchen aufgespannt, die Kreisebene parallel dem astatischen Nadelpaar von diesem etwa 3 Decimeter entfernt und hinter ihm aufgestellt wurde. Man muss dann schon einen kräftigeren Zweigstrom aus dem Rheochord zum Bussoldraht schicken, da sonst die Ablenkungen, namentlich bei der Rotation zu klein ausfallen.

Der Contactwinkel wird bestimmt, indem durch den Reizschieber, die an ihn anschlagende Klinge, Quecksilbernäpfe und Bügel zugleich bei rotirendem Rheotom zur Bussole abgeleitet wird. Da jetzt die Schliessungszeit auf's äusserste reducirt wird, muss man wieder die Bussolrolle zur Durchleitung benutzen, und es ist deshalb vor der Bussole eine Wippe

aufgestellt, durch deren Umlegen der Strom einmal in den einfachen Draht und das andere Mal in die Bussolrolle eingelassen werden kann.

Die Beobachtungen folgen nun so aufeinander, dass zuerst bei ruhendem, dann bei rotirendem Rheotom die Ablenkungen durch den einfachen Draht abgelesen werden, und hierauf durch Oeffnen eines du Bois'schen Schlüssels dem Strom der Weg durch die Quecksilbernäpfe und Bügel allein verschlossen, und durch Schliessen eines zweiten Schlüssels der Umweg über den Reizschieber und die Quecksilbernäpfe geöffnet, sodann durch Umlegen der Wippe vor der Bussole statt des einfachen Drahtes die Bussolrolle eingeschaltet wird. Nun wird der Reizschieber so lange verschoben, bis sich die ersten deutlichen Spuren der Ablenkung am Spiegelbild der Scala zeigen, die Schieberstellung notirt und dann der Schieber so lange weiter geschoben, bis die Ablenkung verschwindet, und die Schieberstellung abermals notirt. Der Unterschied zwischen beiden Stellungen giebt den Contactwinkel, welchen man somit allemal zur Bestimmung bei zwei aufeinander folgenden Beobachtungsserien benutzen kann.

Es geschieht nun folgende bekannte Rechnung. Ist A die Ablenkung bei ruhendem, a die Ablenkung bei rotirendem Rheotom, c der Contactwinkel, so ist $\frac{a}{A} = \frac{c}{100}$.[1] In unserem Falle sind nun alle Grössen gemessen, und es müsste jede einzelne factisch gefundene gleich sein der, welche man durch Berechnung aus den drei anderen ebenfalls gemessenen Werthen findet. Führt man diese Rechnung aus, so findet sich jedoch, dass die Werthe nicht stimmen und durch den rotirenden Contact ein Verlust in der Stromstärke entsteht, wie folgende Tabelle zeigt. Die den ersten drei Columnen beigesetzten Zahlen geben die Beobachtungsfolge.

Gemessene Grössen: Ablenkung bei Ruhendem Rheotom	Gemessene Grössen: Ablenkung bei Rotirendem Rheotom	Contactwinkel in Rheotomgraden	Ablenkung bei Ruhendem Rheotom berechnet durch $A = \frac{a\,100}{c}$		Deficit in %
1) 313	2) 15		Berechnet aus 1, 2, 3	268	11 %
		3) 5·60			
4) 315	5) 17		„ „ 3, 4, 5	304	3½ %
		6) 5·70	„ „ 4, 5, 6	298	5½ %
7) 330	8) 18		„ „ 6, 7, 8	316	4 %
		9) 5·50	„ „ 7, 8, 9	327	1 %
10) 327	11) 13		„ „ 9, 10, 11	236	28 %.

Das Deficit, welches sich durch die Rotation ergiebt, ist also nicht gar so klein, kann aber jedoch im günstigen Falle sehr gering werden, nämlich nur 1 %.

[1] Weil der Rheotomkreis in 100 Theile getheilt ist.

Die Art der Messung muss jedoch ohne weiteres zu Ungunsten der aus der Formel $A = \frac{a\ 100}{c}$ berechneten Zahlen ausfallen, denn c wird gegenüber von a durch die Messung allemal zu gross erhalten, und ebenso a kleiner, als es wirklich ist.

Es giebt zunächst die Bussole bei der verwendeten Messungsart der Contactzeit stets die in der ganzen Zeit der Ablesung stattfindenden ersten und letzten Contacte, demnach den grössten Contactwinkel an, der möglich ist, die Ablenkung durch den rotirenden Bügel wird jedoch bestimmt aus der Summe aller während der Ablesung stattgehabten Contacte, und nicht durch das Product von Umdrehungszahl und dem abgelesenen Contactwinkel. Es ist dazu noch die Frage, ob der Contactwinkel je im einzelnen Falle einmal so gross ist, wie ihn die Ablesung ergiebt, denn es mussten dann zufällig die Schwankungen des Contactes nach beiden Extremen während desselben Bussolschlusses zu Stande kommen, was wohl kaum anzunehmen ist. Ferner ist der rotirende Contact betreffs der Ableitungsdauer ungünstiger gestellt als der ruhende. Beim rotirenden Contact müssen um der Vergleichbarkeit der Messungen willen die Spitzen flach über das Quecksilber laufen, weil das sonst abspritzende Quecksilber die Schliessungszeit ändern würde. Es kann somit wohl vorkommen, dass sie während des Ueberstreichens ein im Quecksilber gerade vorhandenes Wellenthal überspringen müssen, ein Fehler, welcher beim ruhenden Contacte in gleicher Weise nicht vorkommt, und der übrigens für die Gültigkeit der sonst mit dem Rheotom vorgenommenen Bestimmungen über die negative Schwankung, gleichwie die übrigen hier in Betracht kommenden Fehler, von keiner Bedeutung sein würde.

Für die uns interessirende Ableitung von Inductionsströmen durch das Rheotom liegen die Verhältnisse jedoch bei weitem günstiger, als hier. Dort kommt es nicht sowohl auf genaue Contactzeit an, als auf gute Ableitung. Ob die Ableitungszeit auf $^1/_{5000}$ — $^1/_{6000}$ Secunde (entsprechend 0·1 Scalentheil des Rheotoms bei 5 — 6 Umdrehungen in der Secunde) genau ist, wird sich für eine Schliessungsdauer von $^1/_{100}$ Secunde, welche in meinen Versuchen zur Durchleitung von Inductionsschlägen benutzt wurde vollständig gleich bleiben. Man kann demnach auch unbeschadet der Brauchbarkeit der Methode, ja sogar zu ihrer Verbesserung die Spitzen des Bügels, wie dies auch geschah, tief eintauchen lassen.

Es ist ferner in dem einen Falle der Nerv als ein sehr schlechter Leiter in den Kreis mit eingeschaltet, und es wird dabei mit Inductionsströmen von jedenfalls grösserer Spannung gearbeitet, als in dem anderen Falle, wo nur metallische Leiter im Kreise sind, und die elektrische Spannung verhältnissmässig klein ist.

Im ersten Falle kommt also ein Widerstand im Contact kaum in Betracht, weil der grosse Widerstand des Nerven im Kreise ist, und die Inductionsströme geeignet sind, grosse Widerstände zu überwinden, im anderen Falle würde er das Resultat sehr stören, weil nur gute Leiter im Kreise sind, und der elektrische Strom nur eine geringe Spannung hat, zudem ist die Methode im zweiten Falle dazu angethan, die Messungen zu Ungunsten des Contactes ausfallen zu lassen. Man wird demnach an ihr die geringsten beobachteten Differenzen als den Verhältnissen am entsprechendsten betrachten müssen, und dann sind diese an sich schon gleich oder kleiner als die Verstärkung der Einzelschläge welche nöthig war (5—11 %) um die unwirksamen Schläge wirksam zu machen. Wir betrachten demnach den gemachten Einwurf gegen die angestellten Versuche als unzureichend, und formuliren die Resultate unserer Untersuchung, wie folgt:

1) Die Anfangszuckungen sind nach ihrer Curvenform nicht von einer einfachen Zuckung zu unterscheiden.

2) Die Anfangszuckungen sind echte Zuckungen, hervorgebracht, indem sich eine Anzahl von Reizen, welche einzeln nicht im Stande sind Zuckung auszulösen, zu einem einzigen wirksamen Reize summirt.

Wir haben jedoch noch hervorzuheben, dass wir auch abgekürzte Tetani, und zwar solche von ganz kurzer Dauer, vielleicht nur um 0·2 Secunden länger als eine einfache Zuckung dauernd beobachtet haben. Diese sind übrigens an ihrer Curvenform als solche schon bei einer einfacheren graphischen Methode zu erkennen, und sind durchweg bedeutend höher, als eine echte Anfangszuckung. Sie treten auch nur auf, wenn die Reize durch Annäherung der Rollen mehr verstärkt werden, als zur Darstellung der Anfangszuckung überhaupt nöthig ist.

Die Anfangszuckung wäre demnach ein specieller Fall des Helmholtz'schen Gesetzes, nach welchem sich untermaximale Werthe noch summiren, wenn ihre zeitliche Entfernung geringer ist als das Stadium der latenten Reizung.

Es würde zunächst aus ihem Auftreten folgen, dass im Nerven schon negative Schwankungen ablaufen können, welche einzeln den Muskel noch nicht zu reizen vermögen; über den Ort ihrer Summation kann man vorläufig noch nichts aussagen.

Ueber rhythmische Contractionen quergestreifter Muskeln auf tetanische Reizung.

Von

Dr. K. Schoenlein,
Assistenten am physiologischen Institut zu Halle.

Aus dem physiologischen Institute zu Halle.

Die verschiedenen Hypothesen, welche zur Erklärung der Anfangszuckung aufgestellt sind, werden alle ganz besonders darauf Rücksicht nehmen müssen, dass sie darthun, weshalb bei der Fortdauer der Reize nicht wieder in irgend welcher Zeit nach Ablauf der ersten Zuckung eine neue auftritt. Von den verschiedenen Erklärungen der Erscheinung genügt dieser Anforderung eigentlich bloss die, welche den Grund für die weitere Wirkungslosigkeit der Reize in ihrer Fortdauer findet, sei es nun, indem die übereinanderfallenden Reizwellen sich gegenseitig vernichten, sei es, indem die fast continuirlich gewordene Erregung die nach Ablauf der Anfangszuckung etwa noch ausgelösten Spannkräfte bei der ersten Spur ihres Entstehens verzehrt, und es somit nur zu einer wegen ihrer Kleinheit so zu sagen unsichtbaren Contraction kommen lässt.

Sucht man jedoch die Erklärung darin, dass der Muskel einer gewissen messbaren Zeit bedarf, um nach einer Reizung auf den Zustand seiner ursprünglichen Erregbarkeit zurückzukehren, so muss man fragen, weshalb keine Zuckung erfolgt, nachdem sich die ursprüngliche, vor Ablauf der Anfangszuckung bestandene Erregbarkeit wieder hergestellt hat. Letztere Erklärung der Anfangszuckung würde dann fordern, dass der Muskel in regelmässig wiederkehrenden Intervallen zuckt, sobald er unter den Bedingungen der Anfangszuckung gereizt wird, und der Reiz fortdauert. Als ich durch die im Vorangehenden mitgetheilten Untersuchungen zu der Auffassung kam, dass die Anfangszuckung hervorgerufen sei durch eine

Summation durchaus unterwerthiger, zur Auslösung einer Contraction einzeln nicht hinreichender Reize, musste ich mir nothwendiger Weise diese Frage vorlegen, und mit ihr drängte sich mir zugleich der Gedanke auf, zu untersuchen, ob es nicht möglich sei, den Muskel durch andauernde gleichmässige Reizung mit Inductionsströmen in der für die Anfangszuckung nöthigen Frequenz und Stärke in diejenigen Bedingungen zu versetzen, unter welchen das Herz sich befindet, und somit gleichsam eine Pulsation des willkürlichen, quergestreiften Muskels zu erzeugen, welche der Pulsation des Herzens analog wäre.

Man kann sich ganz wohl vorstellen, dass in dem contractilen Molecül des Muskels eine Anzahl lockerer gebundener Atomgruppen um einen Kern fest an einander gebundener Atome gelagert sind, und dass nur die locker gebundenen Atome durch irgend welche chemisch physikalische Umwandlung die mit der Contraction verbundene äussere Arbeit leisten. Sitzen diese eigentlichen „Arbeitsatomgruppen“ in verschieden fester Bindung an dem Kern des ganzen Complexes, so würden Reize von bestimmter Stärke immer nur bei einer Anzahl von Atomgruppen, und zwar den jeweils lockerst gebundenen die Contractionsumwandlung hervorbringen können, und zwar müsste einem Reize von bestimmter Grösse eine ganz bestimmte Anzahl von Affinitäten entsprechen, mit welcher die bei der Contraction aus dem Muskelmolecül austretenden Atomgruppen an demselben in Summa festgeheftet wären.

Wirkt nun ein Reiz von absolut minimalster Grösse auf das contractile Molecül ein, so dass nur die allerlockerst gebundenen Atomgruppen aus dem Molecüle ausgelöst werden, und eine Contraction hervorbringen, so würde der restirende Atomcomplex, weil seine Atome jetzt zu fest gebunden sind, so lange nicht im Stande sein die Contractionsumwandlung in Folge eines genau eben so grossen, minimalsten Reizes, wie der erste, in sich vorgehen zu lassen, bis sich in ihn dieselbe Anzahl der lockerst gebundenen Atome wieder eingefügt hat, die er bei Ablauf der vorangehenden Contraction verlor. Da das Muskelmolecül zweifelsohne die Fähigkeit besitzt, sich aus der umgebenden Ernährungsflüssigkeit zu reconstruiren, so wäre wohl denkbar, dass derselbe gleiche, absolut minimale Reiz nach einiger Zeit der Unwirksamkeit wieder im Stande wäre, eine Contraction auszulösen, ohne dass man eines besonderen, Reize ansammelnden Apparates, wie beim Herzen, bedürfte.

Die Bedingungen nun, welche den Wechsel zwischen Erregbarkeit und Unerregbarkeit für einen gegebenen Reiz herbeizuführen im Stande sind, konnten in der Art der Reizung bei der Anfangszuckung ganz wohl gegeben sein. Wenn die Anfangszuckung aus einer Summation von unterwerthigen Reizen hervorgeht, muss sie eben auftreten, sobald die Summe

der Reize den Schwellenwerth der Reizung überschritten hat: es müsste somit die Anfangszuckung von einem allerkleinsten Reize ausgelöst werden, und ebenso der Verbrauch von Spannkräften auf das allergeringste Maass beschränkt sein, eine Annahme, welche man wohl machen darf, ohne den Thatsachen Zwang anzuthun. Ich fragte mich deshalb, ob der Grund, warum Pulsationen des Froschmuskels von den Untersuchern der Anfangszuckung noch nicht beobachtet seien, nicht vielleicht darin liegen könnte, dass der Muskel nicht lange genug gereizt sei, und ich liess deshalb den Schlüssel, dessen Oeffnung die reizenden Ströme zum Nervmuskelpräparat zuliess, länger offen, als zur Erzeugung der Anfangszuckung nöthig gewesen wäre. Wirklich zeigte der benutzte Froschgastroknemius in nicht allzuseltenen Fällen noch eine Anzahl von Nachzuckungen, vielfach in etwa halbsecundlichem Intervall, doch waren die Bedingungen ihres Auftretens nicht genügend zu erforschen, um der Erscheinung Herr zu werden, und es liess sich zunächst auch die Möglichkeit nicht ausschliessen, dass Contactfehler am akustischen Unterbrecher im Spiele waren.

Während ich mich mit diesen Untersuchungen befasste, gerieth mir eine Arbeit von Richet in die Hand, in welcher derselbe über rhythmische Veränderungen in der Curve von tetanisch gereizten Krebsscheerenmuskeln berichtete, und ich versäumte nicht die Gelegenheit, davon Kenntniss zu nehmen. Was ich an diesen sah, bestätigte die von Richet mitgetheilten Thatsachen vollkommen, es starben mir jedoch viele Thiere, nachdem sie nur kurze Zeit im Hause gewesen waren, ohne je zum Versuche verwendet zu sein. Daher beschloss ich, da die Versuche ja einmal mit den Muskeln der Arthropoden besser zu gelingen schienen, als mit den Muskeln des Frosches, Versuche mit Insectenmuskeln, insbesondere denen der grossen Wasserkäfer zu unternehmen, zumal da die Thiere leichter zu bekommen und lebendig zu erhalten waren als Krebse. Ich gebe in Folgendem die zunächst an diesen Thieren gewonnenen Resultate, und werde bei ihrer Besprechung gelegentlich auch auf die am Frosch und am Krebsmuskel gemachten Beobachtungen zurückkommen. Ich muss jedoch noch vorerwähnen, dass E. v. Fleischl[1] schon gelegentlich Beobachtungen über diesen Gegenstand gemacht, dieselben jedoch, wie er mir mitzutheilen die Freundlichkeit hatte, nicht fortgesetzt hat. Er beobachtete, dass wenn man einem Käferbein durch zwei, in beide Enden des Oberschenkels eingestochene Stahlnadeln einen constanten Strom zuführt, nicht das ganze Glied zugleich in Bewegung kommt, sondern die Zuckung gleichsam in verschiedene Tempos auf die verschiedenen Glieder vertheilt erscheint. Meine Versuche lauten jedoch zum Theil anders.

---

[1] *Med. Centralblatt* v. Rosenthal u. Senator 1875. S. 469.

Von den verschiedenen Theilen, in welche sich das Käferbein zergliedert, heisst das zunächst dem Thorax eingelenkte kugelförmig gestaltete Glied Coxa, das nächste kurze Querstück Trochanter, das erste lange Glied Femur, das zweite Tibia, und die auf diesen folgenden, an Länge immer abnehmenden Glieder, deren letztes mit zwei Krallen bewaffnet ist, Tarsus.

Von diesen ist beim Wasserkäfer der Femur ziemlich glatt, mit nur wenigen Rauhigkeiten versehen, die Tibia trägt auf ihrer Aussenseite eine zierliche Fahne von Schwimmhaaren, der Tarsus ist beiderseits mit Schwimmhaaren besetzt, die sich zu ihm verhalten wie die Barten einer Feder. Am tarsalen Ende der Tibia zeichnen sich zwei Stacheln durch Grösse und Prominenz aus.

In der beifolgenden Figur, welche zugleich die Stellen der zur Zurichtung des Präparates nöthigen, später zu erwähnenden, Stiche und Schnitte angiebt, bedeutet *a* die Coxa, *b* den Trochanter, *c* den Femur, *d* die Tibia, *e* den Tarsus. In *f* ist die Stelle angedeutet, wo ein Coconfaden zur Verbindung mit dem Schreibhebel angebunden wird, die Stellen wo die Elektroden befestigt werden, sind gleichfalls angegeben, *g* endlich ist die Stelle einer später zu erwähnenden Tenotomie des Extensor tibiae.

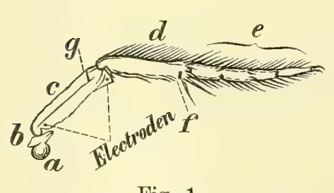


Fig. 1.

Bein von Dytiscus marginalis, 2½ mal vergrössert, schematisch.

Das Bein wird durch einen Scheerenschnitt in die Coxa oder zwischen Coxa und Trochanter vom Leibe des Thieres getrennt, darauf der Tarsus in der Mitte seines obersten (der Tibia nächsten) Gliedes weggeschnitten, die Tibia und der Rest des Tarsus mit der Scheere sorgfältig von Haaren befreit, und desgleichen die beiden vorerwähnten grossen Stacheln am unteren Ende der Tibia durch einen Schnitt entfernt.

In das untere Ende der Tibia, nahe beim Tarsus (bei *f* auf Fig. 1) auf der Beugeseite der Tibia, wird mit einem scharfen und spitzen Messerchen von innen nach aussen ein Einschnitt gemacht, indem die Spitze des Messers, den Rücken nach der Längsaxe der Tibia gerichtet, senkrecht zu dieser in die Tibia eingestochen wird. Bricht hierbei der Chitinpanzer entzwei, so muss man ein anderes Bein nehmen, denn das Präparat ist verdorben. In den Schnitt wird ein Coconfaden eingezogen, einmal um die Tibia gewunden und dann angeknüpft; er soll den Fuss mit dem noch zu beschreibenden Zeichenhebel verbinden.

Nachdem der Coconfaden am Bein befestigt ist, werden auf der Beugeseite des Femur, nahe seinem oberen und unteren Ende (vergl. Fig. 1) mit einer Mikroskopirnadel je ein Loch eingestossen, welches je eine, als Elektrode und zugleich als Befestigungsmittel dienende Karlsbader

Insectennadel aufzunehmen hat. Mittels dieser Nadeln wird das Bein in grösster Streckung, die Tibia senkrecht nach unten hängend auf einen prismatisch zugeschnittenen Kork aufgesteckt, so dass das Tibiofemoralgelenk ein wenig über die unterste, und bei der Befestigung an das Stativ zugleich äusserste Ecke des Korkes hinausragt, und alsdann die Tibia durch den an ihr befestigten Coconfaden mit dem Schreibhebel in Verbindung gesetzt.

Die Bewegungsebene der Tibia und des Schreibhebels müssen nach Möglichkeit parallel gerichtet werden, weil sonst die sich bewegende Tibia den Schreibhebel entweder von der Trommel wegzieht, oder ihn, der nur lose an der Trommel anliegt, fest an sie andrückt, so dass er nicht schreibt. Der Schreibhebel und die den Kork sammt Käferbein tragende Stange sind gegeneinander verschieblich auf einem senkrecht stehenden Stabe angebracht, und mit diesem zugleich unverrückbar gegeneinander an einer zweiten Stange in senkrechter Richtung verstellbar, so dass man durch Verschiebung des Schreibapparates eine Anzahl von Curven übereinander auf die Trommel zeichnen lassen kann.

Die Hebelübersetzung ist etwas variabel, und bewirkt im Ganzen etwa eine Vergrösserung der Tibiabewegungen um $^1/_3$ ihrer Höhe. Diese Vergrösserung ist genügend, um deutliche Zeichnungen zu erhalten, weil die Tibia doch ohnehin einen Hebel darstellt, der die Bewegungen ihrer Muskeln in bedeutend vergrössertem Maassstabe wiedergiebt. Der Hebel selbst besteht aus einem dünnen Stückchen Schilfrohr, oder auch aus Glasfaden (sie zerbrachen mir öfter beim Einstellen wegen der Dünnheit), und trägt an seinem Schreibende, mit Kitt befestigt, die spitze Hälfte einer feinen Karlsbader Stecknadel, das andere Ende des Hebels ist auf die Achse aufgekittet. Letztere besteht gleichfalls aus einer etwas stärkeren Stecknadel, welche an beiden Enden stumpf abgefeilt und an ihnen mit je einem Loch versehen ist, in welches die Spitzen der Gabel eingreifen, an welche der Hebel auf seinem Träger befestigt ist. Hebel und Achse wiegen mitsammt einem den Hebel circa 1^{cm} von seinem Stützpunkt belastenden Messinghäkchen von etwa einem halben Gramm Gewicht nicht ganz ein Gramm, der Hebel ist circa 6^{cm} lang.

Die Elektrodennadeln nun sind erst durch je einen dünnen, circa 10^{cm} langen, geglühten Kupferfaden, wie man sie aus Goldborte auszieht, mit den Drähten verbunden, welche durch einen du Bois-Reymond'schen Schlüssel hindurch zur secundären Spirale des Inductionsapparates gehen. Die letzteren sind, bevor sie das Stativ verlassen, an dem Träger des Beines festgebunden, so dass die Bewegungen, welche sie bei Verschiebungen des Schreibapparates machen müssen, auf die Lage des Beines und der in ihm steckenden Elektroden ohne Einfluss bleiben. Zur Erzeugung der Reize dient ein Inductionsapparat, welcher mit dem in bekannter Weise zurechtgestellten akustischen

Unterbrecher in einem Kreise von 3 oder 4 zur Kette geordneten Daniells eingespannt ist.

Die Tibia muss senkrecht nach unten in grösster Streckung herabhängen, weil sonst ihre Beugung nicht mit einer einsinnigen Bewegung des Hebels verbunden wäre. Wenn nämlich das in Streckung befindliche Bein horizontal, dem Hebel parallel befestigt wäre, so würde der mit der Tibia in Verbindung stehende Hebel aufwärts gehen so lange, bis die Tibia senkrecht zu Femur und Hebel steht, geht jedoch ihre Beugung nun noch weiter, bis zu einem spitzen Winkel, so machen alle ihre Punkte, und somit auch der mit einem von ihnen verbundene Hebel eine Bewegung nach abwärts. Bleibt nun der Streckmuskel der Tibia in Ruhe, wie dies fast immer geschieht, so wird die Tibia durch das Gewicht des Hebels in voller Beugung an den Femur angedrückt, und es ist von dem weiteren Erfolge der Reizung nichts mehr zu sehen, da eine Contraction des Flexor tibiae die Tibia nur mehr fester an den Femur anpresst. Es hat alsdann ferner der Hebel während der einmaligen Contraction des Flexor tibiae eine auf- und eine absteigende Curve gezeichnet, und zwar letztere noch der Contraction des Muskels entsprechend. Dieser Uebelstand, der eine richtige Deutung der Curven selbstverständlich gänzlich illusorisch macht, wird vermieden, wenn man das ausgestreckte Glied senkrecht zum Hebel befestigt. Es entsprechen sich dann Contraction des Flexor tibiae, Aufwärtsbewegung des Hebels, Erschlaffung des Muskels, Absinken der Tibia und Abwärtsbewegung des Hebels.

Um die zarten Muskelchen nicht unnütz zu ermüden ist es für den Erfolg des Versuches wesentlich, dass man bei Aufsuchung der passenden Stromstärken aus der unwirksamen in die wirksame Rollenentfernung übergeht.

Hat man nun alles hergerichtet, den Unterbrecher sauber eingestellt, so dass er insbesondere einen möglichst geringen Funken giebt, und reizt nun den Muskel mit minimalen, eben wirksamen Stromstärken, so gewahrt man, wenn das Präparat recht frisch ist, ein höchst wundersames Schauspiel.

Statt entweder eine Anfangszuckung zu geben, oder Tetanus zu verzeichnen, geht vielmehr die Tibia in der allergleichmässigsten Bewegung auf und nieder, den Hebel nach sich ziehend, welcher Curven beschreibt, die an Regelmässigkeit zum Theil denen nicht nachstehen, die eine schwingende Feder auf dem berussten Papier verzeichnet. Hat die Bewegung eine Weile gedauert, so setzt sie entweder aus, um erst wieder aufzutreten, nachdem man dem Muskel eine kleine Weile zu seiner Erholung vergönnt hat, oder nachdem man die Reize etwas weiter verstärkt hat.

In günstigen Fällen, wo die Erregbarkeit lange genug anhält, bemerkt

man, dass das Tempo der Contractionen sich verändert. Dies geschieht manchmal allmählich, hin und wieder jedoch mit einem Male, indem zugleich mit der Verlangsamung oder Beschleunigung der Bewegungen die einzelnen Curven an Höhe zu- oder abnehmen, selten, indem sich bei gleichbleibender Hubhöhe die Frequenz allein ändert.

Diese rhythmischen Bewegungen der Tibia geben nach der Hubhöhe, der zeitlichen Dauer und Folge der einzelnen Contractionen höchst verschiedenartige Bilder, welche sich kaum je in einem beschreiben lassen werden. Sie lassen sich zunächst in zwei grosse Gruppen sondern, die einer rhythmisch continuirlichen und einer rhythmisch discontinuirlichen Bewegung, d. h. einer solchen, wo gleichartige Bewegungen nach gleichgrossen Ruhepausen auftreten. Die erste Gruppe scheidet sich wieder in zwei nach Zeit und Form sehr verschiedene Unterabtheilungen, je nachdem der Hebel im absteigenden Theil der Curve bis zur Abscisse absinkt oder nicht. Ich will von diesen beiden letzteren zuerst reden und sie hier unterscheiden als r h y t h m i s c h e C o n t r a c t i o n e n: Curven bei denen der Hebel bis zur Abscisse herabgeht, und als r h y t h m i s c h u n t e r b r o c h e n e T e t a n i: Curven bei denen die unteren Wendepunkte merklich über der Abscisse bleiben, für die dritte Art der Bewegung, Ruhepausen zwischen den Contractionen vermag ich einen gemeinsamen Namen noch nicht zu geben, da die einzelnen Erscheinungsformen derselben zu mannichfaltig sind.

Gemeinsam ist allen drei genannten Erscheinungstypen, dass sie sich nicht ineinander umwandeln: Schliesst sich zu Anfang des Versuchs eine Bewegung dicht an die andere an, so geschieht dies so lange, als das Bein sich überhaupt auf Reiz bewegt, ist der Tetanus zu Anfang rhythmisch unterbrochen, so bleibt der Hebel zu jeder Zeit der Bewegung, ausgenommen vielleicht am letzten Ende der Curve ein merkliches Stück über der Abscisse, sind einmal zu Anfang der Bewegungen grosser Ruhepausen zwischen ihnen, so bleiben diese, bis die Bewegung überhaupt aussetzt.

Für die in Nachfolgendem zur Erläuterung der verschiedenen Contractionsformen beigedruckten Holzschnitte gilt Folgendes: die Curven sind sämmtlich von rechts nach links zu lesen. Wo die Reizfrequenz nicht besonders angegeben ist, sind 880 Reize, entsprechend 440 Schwingungen der Feder in der Secunde anzunehmen. Eine Strecke von 7 mm (oder wenig mehr) entspricht der Zeitdauer einer Secunde. Bestimmt wurde diese Länge freilich nur aus dem Umfang der Trommel und der mit der Taschenuhr gemessenen Zeit, welche die Trommel brauchte, um fünfmal um ihre Axe zu laufen.

In beifolgender Figur 2 gebe ich zuerst ein Beispiel der rhythmischen Contractionen. Von diesen stellen Zeile 1 und 2 Ausschnitte aus derselben

Curve dar, welche das Bein zu Anfang (1) und ziemlich zu Ende (2) einer Reizung von $^3/_4$ Minute Dauer und bei einem Rollenabstand von 178 mm aufzeichnete. Die Zeile Nr. 1 zeigt deutlich, wie sich der Rhythmus und mit ihm zugleich die Höhe der Contractionen plötzlich ändert. Die 3. bis 5. Zeile stellen übereinander liegende Abschnitte aus einer neuen Zuckungsreihe dar, welche das Bein nach einer $^1/_2$ minutlichen Pause durch 5 Minuten hindurch bei einer Rollenentfernung von 175 mm verzeichnete. Gleichwie in den beiden ersten Zeilen verlangsamt sich hier die Bewegung bis gegen Ende der Schreibung und nimmt zugleich, zu Anfang wenigstens an Hubhöhe zu, dieselbe ist jedoch auf Zeile 6 und 7 wieder etwas gesunken. Nachdem sich das Bein nach Beendigung von Zeile 7 circa 5 Minuten ausgeruht hatte, wurde von ihm die Zeile 8 mit dem hier mitgetheilten Ausschnitt während einer Minute Reizung gewonnen, und die beiden letzten Zeilen nach abermals 5 Minuten Pause von Beendigung der 8. Zeile an gerechnet in einer Schreibung von 2 Minuten Dauer, bei derselben Reizstärke wie in den Zeilen 3—8. Während sich jedoch in der zwischen Curve 7 und 8 liegenden Pause der Muskel zu neuen Contractionen erheblich gestärkt hatte, gewann er durch die letzte Ruhepause nur wenig wieder an Leistungsfähigkeit. Dass die Curven während dieser ganzen Zeit stets bis auf die Abscisse herabgingen war an der ersten Curve (Zeile 1 und 2 des Holzschnittes, welche in Wirklichkeit von einer einzigen Zeile entnommen sind) und desgleichen an Zeile 8 zu erkennen, wenn man an die zu Anfang und Ende der Curve vom Hebel verzeichnete Abscisse ein Lineal anlegte: die unteren Wendepunkte aller Wellen gingen dann bis an die Abscisse heran. Bei Zeile 3 und 7 war dies durch dieselbe Manipulation zu erkennen, wenn man das Lineal je am Anfang oder Ende der Curve an die vor Beginn und nach dem Ende der Reizung verzeichnete Nulllinie anlegte, und dasselbe gilt für Zeile 9 und 10, bei den Zeilen 4, 5, 6 schliesse ich das Absinken der Curven bis zur Abscisse aus Analogie mit den übrigen Curven.

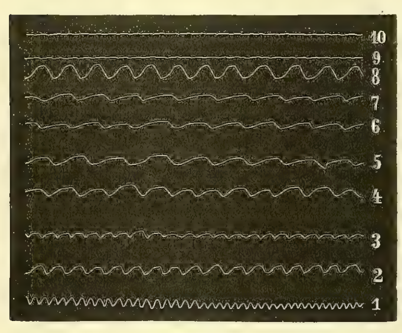


Fig. 2.
Rhythmische Contractionen des Beines von Dytiscus marginalis auf tetanische Reizung.

Es wird von Interesse sein zu erfahren, wie sich die Zuckungsfrequenzen während der ganzen Dauer der hier ausschnittsweise mitgetheilten Curven verhalten haben. Ich zählte in den Zeilen 1 und 2:

In	den	ersten	5	Secunden	50	Zuckungen
„	„	nächsten	10	„	68	„
„	„	„	10	„	56	„
„	„	„	10	„	48	„
„	„	„	5	„	20	„
„	„	letzten	5	„	18	„

In Summa in 45 Secunden 260 einzelne Contractionen.

Für die Zeilen 3, 4, 5, 6, 7 gilt Folgendes: Es machte das Bein Bewegungen:

Zu	Anfang	der	1.	Minute	in	etwa	12	Secunden	61	à Minute	305
„	„	„	2.	„	„	„	12	„	28	„	140
„	„	„	3.	„	„	„	12	„	21	„	105
„	„	„	4.	„	„	„	12	„	21	„	105
„	„	„	5.	„	„	„	12	„	23	„	115

(In den letzten 12 Secunden 24 Bewegungen.)

In Summa in etwa 5 Minuten circa 770 Contractionen.

Die Frequenz dieser Bewegungen ist, wie man sieht, ziemlich wechselnd, und schwankt durchschnittlich in Grenzen von 6 — 2 Zuckungen in der Secunde, jedoch kamen mir hin und wieder auch bedeutende frequentere Bewegungen vor. Ich bilde die Zuckungen grösster Frequenz, welche ich erhalten habe, in der folgenden Figur No. 3 mit ab und bemerke, dass dieselbe bei 1500 Reizen in der Secunde erhalten wurden. Es kommen von diesen rundum 30 (32) auf die Secunde, etwa ungefähr ebensoviel Zuckungen, wie der Käfermuskel überhaupt noch isolirt zu zeichnen vermag. Zuckungen von solcher Frequenz, wie die hier abgebildeten, sind mir ausser diesen beiden Fällen jedoch nicht wieder vorgekommen.

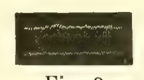


Fig. 3.

Rhythmische Bewegungen grösster Frequenz auf tetanisirende Reizung. Bein von Dytiscus marginalis.

Den eben beschriebenen Contractionen ein im Ganzen ähnliches Bild, jedoch durch Zeitdauer und Contractionsumfang scharf von ihnen unterschieden, zeigt der rhythmisch unterbrochene Tetanus, eine Curvenform also, wo der während der ganzen Reizung vorwaltend contrahirte Zustand des Muskels von Pausen der Erschlaffung unterbrochen ist. Während in dem bisher besprochenen Contractionstypus der Muskel kaum auf einige Zeit in dem Zustand der jeweils grössten Contraction verharrte, sondern im Stadium zunehmender Energie sich ohne ein dazwischen geschaltetes

Stadium einer gleichmässigen Kraftentwickelung an ein Stadium abnehmender Energie anschloss, verweilt bei dieser Art rhythmischer Bewegung der Muskel eine Zeit lang im Zustande der grössten Contraction, in welchem der Schreibhebel auf der Höhe der Curve eine ganz gerade Linie zieht. Die zeitliche Dauer dieser höchsten Contraction ist zu Anfang einer Reizung wenigstens, allemal beträchtlich länger als die Zeit, welche der Muskel braucht, um vom ersten Momente der Erschlaffung wieder auf seinen ursprünglichen Contractionszustand zurückzukehren. Dauer und Höhe eines einzelnen Abschnittes eines solchen rhythmisch unterbrochenen Tetanus sind bedeutend grösser, als die der rhythmischen Contractionen. Während jene vielfach zu 3—6 in der Secunde aufeinander folgen, dauern diese kaum kürzere Zeit als etwa 3 Secunden, hin und wieder sogar 6. Die S. 379 stehende Zeichnung (Fig. 4) wird ein Bild dieser Bewegung geben. Die Reizung, während welcher der Muskel die zu dem hier mitgetheilten Ausschnitt gehörige ganze Curve zeichnete, währte $4^1/_2$ Minute. Die Annäherung der einzelnen Zeilen an eine gemeinsame Abscisse entspricht jedoch nicht ganz den richtigen Verhältnissen, indem nach Verzeichnung einer jeden einzelnen Zeile die Abscisse allemal 2^{mm} tiefer gerückt wurde, um die einzelnen Curven nicht zu sehr in einander laufen zu lassen. Man wird jedoch namentlich an den obersten Curven sehr gut erkennen können, dass das Stadium der höchsten Kraftentfaltung bedeutend grösser ist, als die Zeitdauer der abnehmenden und zunehmenden Energie des Muskels. Dass die frequenteren Bewegungen eine geringere Höhe zeigen, als die langsameren gilt übrigens ebenso für diese Form der Bewegung, wie für die rhythmischen Contractionen. Je länger der Muskel bei dieser Art der Bewegung dieselbe auszuhalten vermag, um so frequenter werden seine Bewegungen, jedoch erlangen sie kaum eine kürzere Dauer als die oben angegebenen. Man wird erstaunt sein über die Grösse dieser Curve, welche von einem noch dazu mit Hebelwerk und Gewicht belasteten Käferbein gezeichnet wurde. Es ist jedoch die Hebelübersetzung bei dieser Zeichnung keine andere, als bei den übrigen Zeichnungen, dieselbe stammt vielmehr von einem besonders grossen Exemplare von Hydrophilus piceus. Um jedoch eine bessere Vorstellung über den eigentlichen Umfang der Bewegung zu haben, genüge hervorzuheben, dass sich bei dieser Curve die Tibia ad maximum beugte, also um reichlich $1^1/_2$ rechte Winkel, während die Beugung bei den einfachen rhythmischen Contractionen selten über 45 Grad hinausgeht.

Hervorzuheben ist noch, dass der rhythmisch unterbrochene Tetanus den Muskeln von Hydrophilus piceus eigen zu sein scheint, zum wenigsten finde ich unter dem gesammelten Material keinen Beleg für diese Curvenform bei Dytiscus marginalis, und auch hinwiederum bei den Hydrophilus-

curven kein Beispiel einer solch frequenten Zuckungsweise wie die von Dytiscus in Fig. 2 und 3 mitgetheilten Beispiele sie zeigen.

Sämmtliche 4 Curven auf Fig. 4 könnten auch sehr gut als Beispiele dienen für die Art, wie der Scheerenmuskel des Krebses bei gleicher Reizung arbeitet, nur ist es mir nie gelungen, denselben in dieser ausgiebigen Weise so lange Zeit hindurch sich contrahiren zu lassen, wie dies die Käfermuskeln sämmtlich thaten, wenn sie nicht etwa von vornherein unbrauchbar waren. Man erhält am Scheerenmuskel kaum längere Curven, als solche von etwa 10 Secunden, höchstens 15 Secunden Dauer, nachher bleibt er contrahirt, oder die Scheere öffnet sich unter Erschlaffung des Muskels vollständig.

Das gemeinsame Merkmal der jetzt noch zu beschreibenden Contractionsformen, würde am ersten, soweit es sich finden lässt, gegenüber dem rhythmisch unterbrochenen Tetanus in einer rhythmisch durch Bewegung unterbrochenen Ruhe bestehen. Die Curven, welche hier verzeichnet werden, sind meist tetanischer Art, insofern während der Thätigkeit des Muskels der Hebel nicht bis zur Abscisse herabgeht, doch kommt auch dieses hin und wieder vor. Einfache, kurze Zuckungen oder kurze Tetani, in Intervallen folgend, werden selten beobachtet, es ist vielmehr die Curve meistens in irgend welcher Form gekräuselt, sei es, dass sich auf den aufsteigenden Theil derselben irgend welche Wellen aufsetzen, sei es, dass auf der Höhe oder im absteigenden Theil der Curve Einbuchtungen vorkommen. Eine kleine Musterkarte dieser Verschiedenheiten, aber deren lange noch nicht alle, zeigt Fig. 5, auf welcher die Curven 1, 2 und 5, und die Curven 3 und 4 andererseits zu demselben Bein gehören. Treten die Bewegungen in solcher Form auf, wie hier, so untermischt sich selten eine Form regellos mit der anderen: es tritt vielmehr eine derartige Curvenform immer in Gruppen von 5 bis 8 Exemplaren auf, ehe einmal andere Curven kommen. Es kommen z. B. einmal vielleicht 4 oder 5 Curven der Art wie Zeile 1, dann einmal 1 oder 2 einfache glatte Zuckungen, dann vielleicht

Fig. 4.
Rhythmisch unterbrochener Tetanus vom Bein von Hydrophilus piscèus.

6 Curven wie Zeile 5, dann einige Curven wie Zeile 2 u. s. w., äusserst selten jedoch gleichen sich nicht eine Anzahl der neben einander stehenden Curven, in der Weise wie es die hier gegebenen Beispiele zeigen. Dieselben zeigen besonders wenn sie glatt und ohne Einschnitte sind, auch nicht selten eine Beschleunigung ihres Auftretens, und summiren sich dann ausschliesslich sehr oft zu einem Tetanus, wie die Fig. 6 zeigt, welche ich gleichzeitig mit Fig. 5 hier folgen lasse.

Diese Beschleunigung nimmt übrigens keineswegs immer nur die Zeit von 4 bis 5 Secunden wie bei Fig. 6 in Anspruch, ehe sich die Bewegung zu einem glatten Tetanus summirt hat, es dauert viel mehr manchmal über eine halbe Minute an, ehe ein vollständiger Tetanus entstanden ist. Stellt man sich vor, dass die Beschleunigung ganz besonders schnell vor sich ginge, so könnten ganz wohl sich die auf Zeile 3 der Fig. 5 gezeichneten Figuren bilden und es ist vielleicht die Entstehung dieser Figuren identisch mit der Entstehung der in Fig. 6 gezeichneten Curvenform.

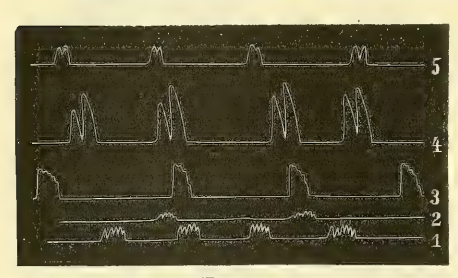


Fig. 5.
Isolirt stehende rhythmische Bewegungen am Bein von Dytiscus marginalis. Zusammengehörig Zeile 1, 2 u. 6, Zeile 3 u. 7.

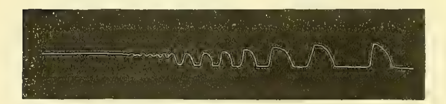


Fig. 6.
Isolirt stehende Bewegungen am Bein von Dytiscus, sich unter Beschleunigung zu Tetanus summirend.

Die bis jetzt beschriebenen rhythmischen Bewegungen vermögen sich nun sammt und sonders in Tetanus umzuwandeln, wenn die Reize verstärkt werden, und zwar ist der Spielraum in der Rollenentfernung innerhalb dessen die Rhythmik eingeschlossen ist, ziemlich eng. Von der unwirksamen Rollenstellung aus bis zu der Entfernung, wo die rhythmischen Bewegungen einem glatten ununterbrochenen Tetanus weichen, ist oft nur Platz zu Verschiebungen von 1—2^{mm}. Die Rollenentfernungen, welche überhaupt wirksam werden, sind dieselben, welche bei der Anfangszuckung statthaben. Sie sind für die rhythmischen Bewegungen überhaupt immer so gross als möglich, und auch in dieser Beziehung der Anfangszuckung am Froschmuskel gleichwerthig, welche um so kürzer und sauberer auftritt, je grösser der Rollenabstand ist, bei welchem sie gewonnen wurde. Es wird somit nicht viel nützen, anzugeben, bei welchen Rollenentfernungen die rhythmischen Bewegungen auftreten, da dieselben doch nach dem Bau der verwendeten Inductionsapparate und der Grösse der Elemente verschieden ausfallen

werden, und ich bemerke nur, dass für den benutzten grossen von Hirschmann in Berlin gelieferten Apparat bei der früher genannten Elementenzahl die Rollenentfernung bei welcher die Bewegungen auftraten, im Ganzen 15^{cm} war.

Der Tetanus nun, welchen man erhält, nachdem man die Rollen genähert hat, um mehr als nöthig ist, um rhythmische Bewegungen zu erhalten, zeigt zunächst nicht selten eine ganz feine Kräuselung auf seinem Gipfel, ist jedoch zumeist glatt und von einem anderen Tetanus nicht zu unterscheiden. Er dauert bei starker Reizung fort, so lange der Muskel noch contractionsfähig ist, endet jedoch dann nur selten wie der Tetanus eines gewöhnlichen Froschmuskels, indem er in unregelmässig gezackten Linien zur Abscisse absinkt, sondern fällt sehr oft glatt und ohne jede Spur einer Wellung ab, gleichsam als ob die Reizung aufgehört hätte. Schliesst man den reizzulassenden Schlüssel bei Zeiten, ehe der Muskel von selbst aussetzt, so sinkt der Hebel ab wie bei einem jeden anderen Tetanus, ohne besonders auffallende Contractur, während bei der Krebsscheere die Contraction den Reiz manchmal mehrere Secunden überdauert, und bei ihr eine starke Contractur hinterbleibt. Bevor die tetanische Reizung am Käferbein ihre Wirkung gänzlich verliert, setzen öfter unter plötzlichem Absinken des anfänglich ganz hoch gehobenen Hebels noch rhythmische Bewegungen ein, unter denen dann das Bein zur Ruhe kommt. Dieses Verhalten zeigt Fig. 7.

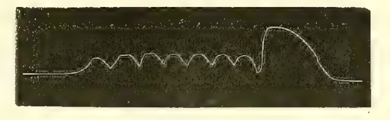


Fig. 7.
Rhythmische Bewegung zu Ende eines Tetanus am Bein von Dytiscus marginalis.

Die Reizfrequenzen, welche nöthig sind, um die verschiedenen hier beschriebenen Zuckungsformen zu erhalten, variiren innerhalb bedeutend grösserer Grenzen, als die Reizfrequenz der Anfangszuckung. Sie waren zu beobachten bei jeder grösseren dem Unterbrecher zugänglichen Reizfrequenz, und traten am Käferbein auf bis herunter zu Geschwindigkeiten von 80 bis 100 Reizen in der Secunde. Die Frequenzen, bei welchen die Krebsscheere noch rhythmisch arbeitete, war noch geringer, etwa 30 Reize in der Secunde. Bei geringerer Frequenz war kein Intermittiren der Zuckungen mehr zu erreichen, wurde die Reizgeschwindigkeit wieder vergrössert, so traten an demselben Präparat abermals rhythmische Bewegungen auf. Je näher man der Grenze kam, bei welcher die Rhythmik aufhörte, um so vorsichtiger musste die Rollenentfernung bemessen werden, um die gewünschte Bewegung noch zu erhalten.

Die geschwinderen, von mir als rhythmische Contractionen bezeichneten Bewegungen, wie sie auf Fig. 2 dargestellt sind, scheinen nicht vorzukommen

bei Frequenzen unter 300 Reizen pro Secunde, und sie treten im Ganzen um so deutlicher auf, je höher die Reizfrequenz ist, wie ich denn auch die geschwindesten, allerdings unregelmässigen Bewegungen auf Fig. 3 bei einer für den Unterbrecher ziemlich hohen Frequenz erhalten habe. Ich hätte eigentlich noch mit dem Kronecker'schen Toninductorium zu reizen versuchen sollen, es war mir indess von vornherein fraglich, ob man an ihm die Stärke der Reize so genau wird graduiren können, wie am Unterbrecher, deshalb habe ich es gar nicht versucht.

Ob Veränderungen der Reizstärke Aenderungen in der Frequenz der in Rede stehenden Bewegungen hervorruft, konnte bei den engen Grenzen der Reizstärke, innerhalb deren sie auftraten, nicht ermittelt werden. Einigemal schien es, als ob Verstärkung der Reize den Rhythmus verlangsame, und die Contractionen vergrössere, doch konnte nichts Sicheres darüber beobachtet werden.

Man wird bei einer principiell neuen Erscheinung mit mehr Vorsicht als sonst fragen müssen, ob sie in den sichtbaren beabsichtigten Bedingungen des Versuchs und der Natur des untersuchten Objects liegt, oder etwa in zufälligen Fehlern des Apparates ihren Grund hat und somit wird man zunächst auch hier an den akustischen Unterbrecher die Frage zu stellen haben, ob Contactfehler in diesem den Rhythmus vielleicht bedingen könnten. Wenn sich, wie hier nun bei der Reizung in regelmässiger Weise und bestimmten Sinne die Periode ändert, in der der Muskel zuckt, wenn sie sich z. B. in Fig. 2 in regelmässiger Weise bei jeder neuen Reizung verlangsamt, nachdem sie frequenter anfing, so wird man nicht wohl annehmen können, dass sich ein Contactfehler jedesmal während der Oeffnung des reizzulassenden Schlüssels in so regelmässiger Weise ändere wie hier.

Unregelmässigkeiten des Contactes sind auch sonst nicht in so periodischer Weise wahrzunehmen. Wenn man mit der Hand auf den Tisch schlägt, auf dem der Unterbrecher steht (den ich meist auf einen besonderen Tisch stellte, um mir durch die während des Manipulirens an den anderen Instrumenten nothwendig entstehenden Erschütterungen nicht etwa spontane Curven vortäuschen zu lassen) so zuckt allerdings das Bein manchmal zusammen, es ist indess die aufgezeichnete Curve an ihrer Unregelmässigkeit sogleich zu erkennen. Ist ferner die Feder des Unterbrechers mit ihrer Spitze nicht genau in die Mitte des Quecksilberspiegels im Contactnapf eingestellt, so bilden sich wandernde Wellen; indem diese unter der Spitze weglaufen, könnten gleichfalls Contactunregelmässigkeiten in regelmässiger Folge entstehen, denen man die Schuld der rhythmischen Bewegung zuschreiben könnte, aber die Perioden, in denen sie unter der Spitze durchgehen, fallen nicht zusammen mit dem Rhythmus, in welchem der Muskel zuckt. Es ist vor Allem jedoch des benutzten Objectes zu gedenken.

In den bisher zur Erzeugung rhythmischer Bewegungen verwendeten Präparaten quergestreifter Muskeln finden sich, sowohl in der Krebsscheere, als im Käferbein zwei antagonistisch wirkende Muskeln zusammen, von denen der eine dem Reize ausgesetzt wird, ohne Garantie, dass der andere nicht gleichfalls mitgereizt wird. Es wäre wohl denkbar, dass, in der Hauptsache, und zu Anfang je einer Reizung der eine von beiden allein gereizt wird; während er sich jedoch contrahirt, und durch die Contraction an Dicke zunimmt, legt sich der andere innig an ihn an und gewährt dadurch eine Nebenschliessung von genügender Güte, um aus dem ersten, contrahirten Muskel so viel Stromfäden in sich hinüber zu leiten, dass die im contrahirten Muskel vorhandene Stromdichte nicht mehr ausreicht, um die Contraction zu erhalten: der bisher contrahirte Muskel erschlafft alsdann, und indem er jetzt durch das Gewicht des Hebels wieder gedehnt wird, büsst er die Nebenschliessung ein, die er in contrahirtem Zustande besass, als sein Antagonist an ihm dicht anlag. Deshalb kehren in dem erschlafften Muskel die Ströme wieder in ihre ursprüngliche, reizungsfähige Dichte zurück und die Contraction kann wieder beginnen, um durch die wiederum sich bildende Nebenschliessung im anderen Muskel in ihrer Fortdauer behindert zu werden u. s. w. Es können ferner beide Muskeln zugleich von den durchsetzenden Strömen gereizt werden, und in irgend welcher regelmässigen Weise sich um den Vorrang des Contrahirtseins streiten, obgleich man hier eigentlich annehmen sollte, dass der kräftigere Muskel ganz einfach den schwächeren überwindet.

Dass die Bedingung zum rhythmischen Ablauf der Bewegung bei fortdauernder Reizung in der Nebenschliessung nicht liegen kann, folgt daraus, dass die Reizfrequenz für den Vorgang von Bedeutung ist. Bei grösseren Frequenzen wird der Rhythmus schneller, bei kleineren wird er langsamer, unter 60 Reizen in der Secunde kommt er beim Käfermuskel nicht zu Stande, unter 30 Reizen in derselben Zeit beim Krebsmuskel ebenfalls nicht, sondern da existirt nur ein gewöhnlicher Tetanus. Die Nebenschliessung des zweiten Muskels ist aber immer da, sobald sich der erste contrahirt, weshalb sollte sie dann bei geringerer Reizfrequenz nicht wirken? Ferner ist bei dem rhythmisch unterbrochenen Tetanus der eine Muskel lange Zeit energisch contrahirt, ehe er erschlafft, weshalb sollte die Nebenschliessung erst nach einiger Zeit an Wirkung gewinnen, und zum dritten, vermag man die in Fig. 5 abgebildeten Curven nach dieser Auffassung des Vorganges nicht zu erklären.

Anders liegen jedoch die Verhältnisse, wenn man die Contraction des Antagonisten mit zur Erklärung heranzieht. Man müsste allerdings dann von vornherein die Annahme machen, dass von zwei etwa gleich stark gereizten durch irgend welche Anordnung antagonistisch wirkenden Muskeln

der contrahirte leichter ermüdet als der gestreckte, eine Annahme, die ja nicht geradezu unmöglich wäre. Richet scheint hieran gar nicht gedacht zu haben, während unter Umständen die Thätigkeit des Antagonisten an der Krebsscheere sogar direct zu beobachten ist, und zwar folgendermaassen. Wenn man, wie es auch von mir geschah, die Krebsscheere zum Aufzeichnen der Curven so herrichtet, dass man die feste Branche derselben in irgend ein Stativ unbeweglich einklemmt, und die Spitze der beweglichen Branche durch Haken und Federn mit dem mässig belasteten Schreibhebel verbindet, so öffnet sich die Scheere nicht ganz ad maximum, sondern natürlich zunächst nur so weit, als es die Elasticität des angespannten Zusammenziehers der selben erlaubt. Contrahirt sich jetzt der Erweiterer der Scheere, so sinkt der Hebel noch um einiges bis unter die bis dahin beschriebene Abscisse, und zwar so lange, bis die am Gelenkmechanismus bestehenden Hemmungen in Thätigkeit treten. Erschlafft dieser Muskel wieder, ohne dass der andere in Thätigkeit tritt, so geht der Hebel wieder aufwärts, bis zu der vorher geschriebenen Abscisse. Dieses Schauspiel kann man nun öfter sehen, und man kann sogar, wie die beigezeichnete Figur 9 darthut, bemerken, dass auf die Contraction des Scheerenerweiterers (nach unten) eine Contraction des Verengerers (nach oben) folgt. Dies habe ich in unregelmässiger Weise manchmal durch etwa 15—20 Secunden hindurch beobachtet, ehe dann der Scheerenschliesser die Oberhand gewann und seine rhythmischen Contractionen allein verzeichnete. Noch deutlicher vielleicht als Fig. 8 demonstrirt das zeitweilige Eingreifen des Scheerenöffners die Fig. 9, wo der absteigende Theil einer Contractionscurve vom Scheerenschliesser durch einen jähen Knick, von der Thätigkeit des Scheerenöffners herrührend unterbrochen ist. Die Abscisse ist in beiden Figuren verzeichnet.

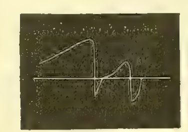


Fig. 8.
Abwechselnde Contraction des Oeffners und Schliessers der Krebsscheere.

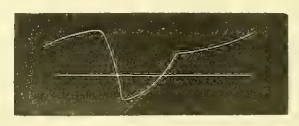


Fig. 9.
Knick im absteigenden Theil einer Curve vom Scheerenschliesser des Krebses durch Wirkung des Scheerenöffners hervorgebracht.

Es schien mir sehr wünschenswerth, an isolirten Muskeln arbeiten zu können, um auch über diesen Einwand in's Reine zu kommen. Es war mir jedoch bis jetzt nicht möglich, einen von allen Hüllen befreiten Krebs- oder Käfermuskel in brauchbarem Zustand isolirt an den Schreibapparat zu befestigen. Die Muskeln des Käferbeines sind dazu nicht zu gebrauchen, da sie sich in viel zu breiter Fläche an dem Chitinpanzer ansetzen, am ehesten würde es noch, wenn man es versuchen will, mit den im Thorax liegenden

Flügelmuskeln des Kopfes gehen. Zuckungsfähig habe ich dieselben zwar mehrmals auf kurze Zeit zum Versuche zurichten können, allein die Präparation ist bei den kleinen, nur wenige Millimeter langen, kaum millimeterdicken Muskelbündelchen nur so gewaltsam und so wenig zart auszuführen, dass man sich gewiss nicht wundert, wenn die Rhythmik, zu deren Zustandekommen ohnehin ein unermüdeter Muskel nöthig ist, ausbleibt und der Muskel nur einfachen Tetanus giebt. Man kann indessen die Wirkung des Antagonisten wenigstens im Bein auf andere Weise ausschliessen.

Wie die beigegebene Fig. 10 zeigt,[1] ist die Tibia an dem Femur mit einer concaven, mit der Hohlung nach dem Femur sehenden Gelenkfläche an diesem eingelenkt. Auf den Spitzen dieser Cavitas sigmoidea sitzen jederseits eine kleine Chitinsehne, an welche sich die zierlich gefiederten Muskeln ansetzen. Sticht man nun nahe am Ansatze des Extensor tibiae in den Femur ein und schneidet nach aussen durch, wie dies auf Fig. 1 angedeutet ist, so vermag man die Sehne dieses Muskels von ihrem Insertionspunkte abzutrennen. Ein solches Präparat nun zeigt im Wesentlichen dieselben Curven, wie die, welche ich in den Figg. 2 und 3 mitgetheilt habe, und somit wird man die Betheiligung des Antagonisten an dem Zustandekommen der Periodik wohl ausschliessen können. Selbstverständlich habe ich mich nachher am Präparate überzeugt, dass der Extensor tibiae wirklich durchschnitten war.

Ich habe nun noch der an dem Froschgastroknemius beobachteten Verhältnisse mit einigen Worten zu gedenken. Es ist zur Beobachtung von einzelnen, der Anfangszuckung im Verlauf der Reizung nachfolgenden Zuckungen hier ebenfalls sehr nöthig, an der untersten Grenze der Reizstärke für die Anfangszuckung stehen zu bleiben. Hohe Erregbarkeit und Zuckungsfähigkeit des Muskels ist ein Hauptforderniss. An den trüben, weisslich aussehenden in Zerfall begriffenen Muskeln lange aufbewahrter Winterfrösche lässt sich ein Erfolg nicht erreichen.



Fig. 10.

Ich habe bei diesen Versuchen immer von Nerven aus gereizt. Nach Ablauf der Anfangszuckung treten nun bei den besseren Präparaten noch eine Anzahl von höchstens 8—10, in den meisten Fällen vielleicht 4 oder 5 einzelne Zuckungen in nicht ganz gleichen Entfernungen von einander auf, dann bleibt alles still, vielleicht kommen noch eine oder zwei einzelne Zuckungen nach 5 oder 6 Secunden nach der letzten Zuckung nach, doch

[1] Will man sich über die Ansätze der Muskeln im Bein orientiren, so thut man am besten, wenn man mit einem scharfen Messer die beiden Schmalseiten des Femur wegschneidet und die Breitflächen mit einer festen Pincette von der Tibia abreisst. Die Muskelbündel bleiben dann an den Sehnen sitzen, welche an der Tibia inseriren.

ist dies im Ganzen selten. Die ersten Zuckungen haben ein ungefähres Intervall von $^1/_2$ bis einer Secunde, und sind an Grösse und Form von der Anfangszuckung nicht zu unterscheiden. Schliesst man den Schlüssel, wenn man erwarten kann, dass weitere Zuckungen nicht nachfolgen, und reizt wieder nach einer Pause von vielleicht einer halben Minute, so kann man die gleiche Erscheinung vielleicht noch einmal beobachten, es gelingt jedoch kaum, sie an einem Präparat zum dritten Mal zu zeigen.

Es wäre beim Nervenmuskelpräparat vom Frosch verhältnissmässig leicht, in's Klare zu kommen über etwaige Versuchsfehler, durch welche diese Nachzuckungen bedingt sein könnten, wenn es nur je gelänge, zu gleicher Zeit zwei Präparate zu besitzen, welche dieselben gut zeigten. Wenn man dann in denselben Kreis des Unterbrechers zwei Inductionsapparate einschaltete und jeden Nerven für sich auf besonderen Elektroden reizte, so müssten bei Contactfehlern beide Muskeln gleichzeitig zucken; sind die Ursache der Nachzuckungen im Muskel gegeben, so wäre ein Zuckungsisochronismus nicht zu erwarten. Ich machte mich an diese Prüfung der Versuche von vornherein mit wenig Vertrauen, weil die Nachzuckungen eben nur an wenig Präparaten zu beobachten waren, und ich habe bis jetzt auch noch nichts Sicheres über diese Frage am Froschmuskel ermitteln können. Zweifelsohne zuckten hin und wieder beide Muskeln gleichzeitig, es kommen also Unregelmässigkeiten in der Reizung vor, zeigte jedoch der eine einmal zufällig schöne Nachzuckungen, so blieb der andere hartnäckig still, und zeigte überhaupt nur Anfangszuckung. Man kann aber hieraus keineswegs schliessen, dass geringe Reizungsungleichheiten nicht vorhanden gewesen seien, der zweite Muskel konnte ganz einfach weniger empfindlich gegen dieselben sein, und ich muss mich somit bescheiden, über die Gültigkeit der Nachzuckungen am Gastroknemius ein positives Urtheil nicht abgeben zu können. Sollten einwandsfreie Versuche einmal ein Ergebniss in der von mir gewünschten Richtung aufweisen, so würden sich vielleicht bestimmte Schlüsse über die Art der Contractionsbildung im quergestreiften Muskel ziehen lassen.

Vorläufiger Bericht

über die von Prof. Gustav Fritsch in Aegypten und am Mittelmeer angestellten neuen Untersuchungen an elektrischen Fischen.

Zweite Hälfte.

Vom Herausgeber.[1]

I. Nachträglich zu Malopterurus electricus.[2]

Hr. Prof. Fritsch, der sich von Aegypten zunächst nach Smyrna wenden wollte, das er von seiner persischen Reise im Jahre 1875 her als vortheilhafte Zitterrochen-Station kannte, wurde durch die in Kleinasien drohende Gesundheitssperre gezwungen, Aegypten schon am 17. December zu verlassen. In Folge der von ihm getroffenen Maassnahmen erhielt noch nach seiner Abreise Hr. Dr. Mantey in Cairo endlich einen lebenden Zitterwels aus dem Fayum. Von Prof. Fritsch für diesen Fall mit Weisungen versehen, bestellte er sogleich Frösche, um Hrn. Babuchin's Versuch über doppelsinnige Leitung im elektrischen Nerven zu wiederholen.

Dieser Versuch besteht bekanntlich darin, nach Durchschneidung der elektrischen Stammfaser zwischen Organ und Rückenmark, von der Peripherie her einen Zweig vom Organ abzulösen, so dass der centrale Stumpf des

---

[1] Mitgetheilt aus den *Sitzungsberichten der Kgl. Preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin.* 4. Mai 1882. St. XXIII. S. 477 ff. — Die erste Hälfte dieses Berichtes s. oben S. 61 ff.

[2] Das Thatsächliche dieses Paragraphen — Wiederholung des Babuchin'schen Versuches über die doppelsinnige Leitung in den Nerven durch Hrn. Mantey — findet sich schon in dem Zusatz zur ersten Hälfte des Berichtes, oben S. 75. Da der Babuchin'sche Versuch nicht hinreichend gewürdigt worden zu sein scheint, schadet es wohl nichts, wenn er hier nochmals im Zusammenhange dargestellt wird.

Zweiges frei schwebt, und diesen Stumpf mechanisch zu reizen. Liegt irgendwo dem Organ der Nerv des stromprüfenden Froschschenkels an, so zuckt der Schenkel zum Beweise, dass im mechanisch gereizten Zweige der sonst centrifugal thätigen elektrischen Nervenfaser die Reizung sich centripetal fortpflanzt und auf die anderen Zweige übergeht.[1]

Wie man sieht, ist der Versuch ein Seitenstück zum sogenannten Zipfelversuch am Froschsartorius, den einst Hr. W. Kühne durch mich der Akademie mittheilte;[2] mit dem unwesentlichen Unterschied, dass in Hrn. Kühne's Versuch Zuckung eines Muskels, in Hrn. Babuchin's Entladung eines elektrischen Organes das rückläufige Fortschreiten der Reizung anzeigt. Dank dem glücklichen Umstand, dass ein einziger riesiger Axencylinder den elektrischen Nerven des Zitterwelses ausmacht, hat aber Hrn. Babuchin's vor Hrn. Kühne's Versuch den Vorzug, dass es sich dabei um makroskopische, handgreifliche Nervenverzweigungen handelt, statt wie im Zipfelversuch um mikroskopische Fasern, die man im besonderen Falle nicht unmittelbar sieht, sondern nur nach Analogie annimmt.

Nachdem der von Bidder zum Nachweis der rückläufigen Nervenleitung vorgeschlagene Versuch — kreuzweises Zusammenheilen des N. lingualis und des N. hypoglossus[3] — Hrn. Vulpian in Verbindung mit Hrn. Philippeaux scheinbar gelungen war,[4] vernichtete Hrn. Vulpian's bewundernswerthe Selbstkritik wiederum, und, wie es scheint, für immer, die Beweiskraft dieses Versuches wenigstens an dieser Stelle.[5] Von thatsächlichen Beweisen für rückläufige Nervenleitung blieb neben dem Zipfelversuch, und neben Hrn. Paul Bert's nicht ganz eindeutigem Versuch am umgepflanzten Rattenschwanz,[6] jetzt nur noch die nach beiden Richtungen gleichmässig stattfindende Fortpflanzung der negativen Schwankung des Nervenstromes übrig,[7] und Hrn. Babuchin's Versuch stellte daher für eine der ersten Fragen der Nervenphysik eine sehr wichtige Ergänzung des Thatbestandes dar.[1]

---

[1] *Dies Archiv.* 1877. S. 262.

[2] *Monatsberichte der Akademie.* 1859. S. 400.

[3] *Dies Archiv.* 1842. S. 102. — Vergl. E. du Bois-Reymond, *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Bd. II. Abth. I. 1849. S. 570.

[4] *Journal de la Physiologie de l'Homme et des animaux,* par M. Brown-Séquard. 1863. t. VI. p. 474.

[5] Note sur de nouvelles expériences relatives à la réunion bout à bout du nerf lingual et du nerf hypoglosse. *Archives de Physiologie normale et pathologique,* par MM. Brown-Séquard, Charcot et Vulpian. 1873. t. V. p. 597.

[6] *Comptes rendus etc.* 1877. t. LXXXIV. p. 173.

[7] Untersuchungen über thierische Elektricität. A. a. O. S. 587.

[8] Vergl. Demeter Boghean, *Ueber die Leitung der Neurilität in den Primitivnervenröhren.* Inaugural-Dissertation und gekrönte Preisschrift u. s. w. Berlin 1880.

Wie es bei einer Angabe Hrn. Babuchin's nicht anders zu erwarten war, gelang es Hrn. Mantey leicht, sie vollkommen zu bestätigen. „Ich knipste“ — schrieb er Prof. Fritsch am 21. December v. J. nach Smyrna — „mit der Scheere immer abwechselnd einmal vom Schwanzende, „einmal vom Kopfende Stückchen ab — jedesmal dasselbe Ergebniss leb-„haften Muskelzuckens von Seiten des Froschschenkels. Ich machte im Ganzen „zehn Durchschneidungen mit gleichem Erfolg.“ Gegen Täuschungen durch galvanische Wirkung der Scheere oder den Muskelstrom des Schenkels war Hr. Mantey auf der Hut.[1]

II. Nachträglich zu Mormyrus spec.

Indem die Mormyri nunmehr unter die elektrischen Fische traten,[2] ward ihr Centralnervensystem ein Gegenstand des Interesses. Ihr elektrisches Organ gehört zum System der Schwanzmuskeln; es wäre also zu erwarten, dass in ihrem Rückenmark eine ähnliche Structur sich fände, wie in dem des Zitteraales. Allein schon in seiner Abhandlung über Hirn und Rückenmark des Gymnotus machte Prof. Fritsch darauf aufmerksam, wie wild und verworren meist die Bilder sind, welche trotz scheinbarer Einfachheit des Baues das Rückenmark der Knochenfische bietet.[3] Bilden Gymnotus und Silurus von dieser Regel, welche vergleichende Untersuchungen auf diesem Gebiet ausserordentlich erschwert, eine vortheilhafte Ausnahme, so hat umgekehrt Mormyrus, wie Prof. Fritsch sich ausdrückt, das kläglichste Rückenmark, welches ihm noch vorkam: eine in häutigem Sack eingeschlossene breiige Masse, worin Faserverlauf und Zellanordnung fast unkenntlich werden.[4] Trotz aller Mühe gelangte er noch zu keinem mittheilbaren Ergebniss.

---

[1] Die von Hrn. Charles Richet gegen den Babuchin'schen Versuch erhobenen Zweifel beruhten auf mangelhafter Kenntniss des Versuches (*Physiologie des muscles et des nerfs.* Leçons professées à la Faculté de Médecine en 1881. Paris 1882. p. 443. 444.)

[2] *Monatsberichte* u. s. w. 1881. S. 1161; — S. oben. S. 71.

[3] Dr. Carl Sachs' *Untersuchungen am Zitteraal, Gymnotus electricus, nach seinem Tode bearbeitet von* E. du Bois-Reymond. Mit zwei Abhandlungen von G. Fritsch. Leipzig 1881. S. 327. (Im Folgenden immer bloss als: „*Untersuchungen* u. s. w.“ angeführt. Da in diesem Buche die Literatur sich sehr vollständig findet, habe ich hier oft nur auf die dortigen Citate verwiesen.)

[4] Schon Bilharz klagt über „die halbflüssige Rahmconsistenz des Rückenmarks „und der Nerven, die auch durch starken Weingeist nicht hinreichend verändert wird.“ (Brieflich in Ecker's *Untersuchungen zur Ichthyologie* u. s. w. Freiburg i. Br. 1857. 4. S. 30.

Solcher Verkümmerung des Rückenmarkes gegenüber steht nun aber bei diesen Fischen eine ganz erstaunliche Entwickelung des Gehirnes, welche unter Anderen schon Hrn. Ecker[1] und vorzüglich Hrn. Marcusen[2] beschäftigte, ohne in den Werken über vergleichende Anatomie bisher gebührend gewürdigt worden zu sein. So bedeutend ist diese Entwickelung, dass sie die bei vielen Wirbelthieren höherer Ordnungen, beispielsweise, wie Hr. Marcusen bemerkt, bei Vögeln vorkommende übertrifft. Die äussere Gestalt des Mormyrus-Gehirnes ist so wenig die eines Fischgehirnes, dass mancher Unkundige es unbedenklich für ein kleines Nagergehirn ansprechen dürfte. Gleich diesem bildet es eine compacte Masse; vorn ist es in eine stumpfe Verlängerung, einem Siebbeinschnabel ähnlich, ausgezogen; das Vorderhirn mit dem Lobus olfactorius liegt dicht am Lobus centralis und wird wie das Nachhirn durch das ausserordentlich entwickelte Kleinhirn von oben her gänzlich verdeckt.

Hr. Ecker nahm letzteres für die Vierhügel, Hr. Marcusen aber sah darin ein so eigenthümliches Organ, dass er die Frage erörtert, ob es wirklich ein Hirntheil sei. Prof. Fritsch erklärt indess die von Hrn. Marcusen als Kleinhirn gedeuteten Bildungen für das Tuberculum impar mit den flügelförmig abgeplatteten, medianwärts gekehrten Verlängerungen der Lobi vagales, und er glaubt beweisen zu können, dass Hrn. Marcusen's eigenthümliches Organ in der That nichts ist, als das Kleinhirn selber.

Er stellt sich sodann die Frage, ob das bei den Mormyri eigenthümlich ausgebildete Kleinhirn etwas mit ihrer elektrischen Function zu thun habe. Zwar zieht ein mächtiger Längsstamm, von der Seite des Hirnstockes beginnend, an der Wirbelsäule nach hinten; dieser entspricht aber dem oberen Theil des Truncus lateralis N. trigemini (Rückenkantenast Stannius) und dem tiefen Ast des Truncus lateralis N. vagi, und seine Zweige treten nicht an das obere und untere Organ derselben Seite, sondern sie gehören dem Rückenflossengebiet und den Flossenträgern an. Wiederholte sorgfältige Praeparation überzeugte Prof. Fritsch, dass die elektrischen Nerven in der That Rückenmarksnerven sind, wie es der Homologie der Organe nach kaum anders sein konnte, und wie es übrigens Hr. Ecker[3] und Hr. Marcusen[4] schon angaben.

---

[1] *Anatomische Beschreibung des Gehirns vom karpfenartigen Nil-Hecht Mormyrus cyprinoides L.* (M. Bané Geoffroy St. Hilaire.) Leipzig 1854. 4.

[2] Vorläufige Mittheilung aus einer Abhandlung über die Familie der Mormyren. *Mélanges biologiques tirés du Bulletin physico-mathématique de l'Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg.* t. II. 1858. p. 39. (1853); — Die Familie der Mormyren. Eine anatomisch-zoologische Abhandlung. In den: *Mémoires de l'Académie Impériale etc.* t. VII. No. 4. St. Petersburg 1864. S. 52 ff. (1861—62.)

[3] *Untersuchungen zur Ichthyologie* u. s. w. a. a. O.

[4] *Mémoires etc.* S. 90.

Die Aeste der elektrischen Nerven treten in mehreren parallelen Längsreihen geordnet zwischen die Platten, wo sie sich in Zweige auflösen, die sich an den von vorn nach hinten einander folgenden Platten ähnlich vertheilen, wie die entsprechenden Zweige an die von oben nach unten einander folgenden Torpedo-Platten.

III. Torpedo spec.

1. Übersicht der von Prof. Fritsch an Ort und Stelle beobachteten Torpedineen.

Zur Untersuchung von Torpedo hatte Prof. Fritsch schon einen Ausflug von Cairo nach Suez gemacht. Von Aegypten begab er sich, wie gesagt, zuerst nach Smyrna, dann nach Neapel, zuletzt nach Triest. An diesen verschiedenen Punkten bekam er folgende Arten und Abarten der Torpedo zu sehen.

1. *T. ocellata* oder *oculata*, die gewöhnlich als dem Tyrrhenischen Meer angehörig betrachtet wird, auf dem Fischmarkt in Alexandrien, und in Neapel.

2. *T. panthera* Ehrbg. in Suez. Sie sieht verschieden aus von der schwer davon zu trennenden *T. sinus persici* Rüppel, welche Prof. Fritsch in den hiesigen Sammlungen studirt hatte. Zuerst erhielt er von der T. panthera nur zwei Weingeistexemplare von einem Sammler in Suez, Hrn. Hoffinger aus Ungarn. Auf einer Bootfahrt, welche einen ganzen Tag dauerte, sahen zwar seine Leute im flachen Wasser zwei Zitterrochen, liefen aber vor ihnen davon. Später floss ihm, durch Hrn. Hoffinger, conservirtes Material von dieser Species reichlich zu.

3. *T. marmorata*, zunächst in Smyrna. Obgleich während der Weihnachtstage die Berggipfel in Schnee gehüllt waren und Prof. Fritsch im Zimmer nur 7 °C. hatte, lag doch schon am Tage nach seiner Ankunft eine lebende Torpedo auf seinem Secirtisch, und als der eisige Sturm etwas nachliess, erhielt er täglich soviel Exemplare er wollte, von allen Grössen bis zu 39 cm Länge, wenn er es wünschte, noch lebend. Die Meinung, welche er sich früher bei kurzem Aufenthalt in Smyrna gebildet hatte, als befinde sich unter den hier vorkommenden Zitterrochen eine besondere Abart der T. marmorata, bestätigte sich bei genauerer Prüfung nicht. T. marmorata wurde natürlich auch in Neapel und Triest beobachtet.

4. *T. marmorata, var. annulata.* So nennt Prof. Fritsch vorläufig eine Abart, die er in Neapel und in Triest in je einem Exemplare lebend, und durch Hrn. Tschudi's Güte[1] auch von Alexandrien in Weingeist erhielt. Ausser durch einen gleich zu erwähnenden wichtigen Umstand unterscheidet sie sich von der gewöhnlichen T. marmorata durch ringförmige Flecke auf Rücken und Schwanz (Neapel), oder auch nur auf dem Schwanz (Triest, Alexandrien). Vielleicht handelt es sich um die vom Prinzen von Canino *T. Nobiliana* genannte, anders abzugrenzende Form. Die vollständige Diagnose würde lauten:

T. marmorata, var. annulata. Corpore anteriore satis lato, cauda angustiore et breviore; spiraculis reniformibus filamentis solidis variabilibus circumdatis; colore griseo vel fusco dorsi annulis nonnullis obscuris sparsim positis decorati; columnis numero D—DC in utroque organo electrico.

In diese Diagnose ist zum ersten Mal die Zahl der Säulen im elektrischen Organ aufgenommen. Es wird zweckmässig sein, an die Gründe zu erinnern, aus denen sich dies fortan empfiehlt.

2. Der delle Chiaie-Babuchin'sche Satz von der Praeformation der elektrischen Elemente.

Als delle Chiaie's und Hrn. Babuchin's Satz von der Praeformation der elektrischen Elemente bezeichnete ich im Werk über den Zitteraal[2] die Lehre, wonach in den elektrischen Organen nach deren erster Anlage keine neuen Elemente sich bilden: John Hunter's Meinung zuwider, wonach stets neue Säulen entstehen. Hunter kam zu dieser Meinung durch eine einzige absonderliche Beobachtung. Er hatte bei einem gewöhnlichen grossen Zitterrochen, von nicht völlig 46^{cm} Länge, etwa 470 Säulen in jedem Organ gezählt, als 1773 zu Torbay an der Küste von Devonshire zwei Zitterrochen von ganz ungewöhnlicher Grösse, 122^{cm} lang und 24^{kgr} schwer, gefangen wurden. Bei einem dieser Riesen fand Hunter in dem einen Organ 1182 Säulen. Da er ohne Weiteres annahm, dass die grossen Thiere ältere Individuen derselben Art seien wie die kleinen, schloss er leichthin, dass die Säulen sich beim Wachsthum vermehren, und da er am Umfang des Organes kleinere Säulen sah, dass von dort her jährlich die Apposition neuer Säulen erfolge, wie die Bildung neuer Zähne (setzt er unbegreiflicherweise hinzu) im wachsenden menschlichen Kiefer. Zehn Jahre später pflichtete ihm Michele Girardi bei, jedoch auch ohne

[1] Vergl. den Bericht über die Wirksamkeit der Humboldt-Stiftung für Naturforschung und Reisen in den *Sitzungsberichten der Akademie* u. s. w. 26. Januar 1882. St. IV. S. 16.

[2] S. dort im Register den Artikel: „Praeformation".

jeden Beweis; denn unter seinen vier Fischen zeigte zwar einer statt der sonst von ihm im Mittel gefundenen 485 nur 275 Säulen, doch fehlt die Länge sämmtlicher vier Fische, und es bleibt Einem überlassen, sich zu denken, dass vielleicht jenes säulenärmere Thier ein junges war.

Erst nach fünfzig Jahren wurde wieder einmal die Säulenzahl in einem Torpedo-Organ bestimmt. Hr. Henle fand 1834 bei seiner *Narcine dipterygia* von der östlichen Südsee nur 130 Säulen, und deutete dies der Hunterschen Ansicht gemäss auf die Jugend des nur 6 ^{cm} langen Exemplars. Uebrigens ruhte die Angelegenheit, mit der ganzen thierischen Elektricität, meines Wissens vollständig, bis delle Chiaie 1839 die entgegengesetzte Behauptung aufstellte, „dass die Säulen des Zitterrochen durch Intussus-„ception wachsen, indem sich davon dieselbe Anzahl entwickelt, welche im „Embryo in Miniatur vorhanden ist, bloss durch deren allmähliche Zunahme „an Masse und Grösse.“ Delle Chiaie hat für seinen Satz Zahlen nicht angeführt, und dessen Richtigkeit konnte zweifelhaft erscheinen, als 1842 Hr. Valentin bei einem Foetus von *T. Galvanii* nur 298 Säulen gegen 410 bei einem erwachsenen Thiere fand. Aber Rud. Wagner nahm sich 1847 mit Hrn. Leuckart's Hülfe des delle Chiaie'schen Satzes gegen Hrn. Valentin an, indem er selber rund 400, Hr. Leuckart 410 Säulen bei Foetus von T. ocellata zählte.

Wiederum kümmerte sich Niemand mehr um diese Frage, bis neuerlich Hr. Babuchin deren Wichtigkeit in's rechte Licht setzte. Vom entwickelungsgeschichtlichen Standpunkt aus auf denselben Satz geführt wie delle Chiaie, dehnte er ihn auf die elektrischen Platten aus. Auch für die elektrischen Platten von Malopterurus stellte er ihn auf, freilich ohne ontogenetische Herleitung und ohne ziffermässige Belege. Endlich behauptete Boll sogar, dass auch die Zahl der Ganglienzellen im elektrischen Lappen des Zitterrochen stets dieselbe bleibt.

Indem ich alle bis dahin vorgenommenen Zählungen der Säulen des Gymnotus-Organes mit den vom verstorbenen Sachs herrührenden verband, machte ich es sehr wahrscheinlich, dass der Satz von der Praeformation auch beim Zitteraale gilt.[1] Prof. Fritsch, welcher eigene Untersuchungen an Weingeist-Exemplaren mit ungleich besserer Einsicht in die dabei zu beobachtenden Regeln anstellte als seine Vorgänger, gelangte zum gleichen Ergebniss, ja er fand die grösseren Säulenzahlen, vielleicht zufällig, bei kleineren Individuen. Doch schwankt nach ihm die Säulenzahl bei Gymnotus überhaupt zwischen weiten Grenzen, 50 und 100.[2]

Wie ich auseinandersetzte, lassen sich für diese Schwankungen, mit

---

[1] *Untersuchungen* u. s. w. S. 31. 32.

[2] *Ebenda,* S. 361. 393.

Hinblick auf die von Hrn. Babuchin erkannte Entstehung der elektrischen Organe aus Muskeln, zwei Erklärungen geben. Entweder wird in verschiedenen Individuen eine verschiedene Menge embryonalen Muskels zu elektrischem Gewebe umgewandelt, oder die Umwandlung geschieht auf verschiedener Entwickelungsstufe des Muskels, da nämlich, im embryonalen Zustande, die Muskelbündel sich vermehren.[1] Auch beides zugleich ist denkbar, und die Praeformationslehre also genauer dahin zu fassen, dass sie erst nach Umwandlung des embryonalen Muskels in elektrisches Gewebe in Kraft tritt.

Es bedarf nicht des Beweises, wie sehr durch diese Einsichten die Zählung der elektrischen Elemente, zunächst der Säulen, bei den verschiedenen elektrischen Fischen an Bedeutung gewann, welche man früher nur wegen ganz verfehlter Theorien über den Mechanismus des Schlages vornahm.[2] Bei Gymnotus und bei Malopterurus, deren Entwickelung noch unbekannt ist, ersetzt die Zählung der Säulen und Platten bei jungen und alten Individuen den ontogenetischen Beweis der Praeformationslehre. Da noch keine Zählung der Malopterurus-Platten vorlag, war Ausfüllung dieser Lücke eine von Prof. Fritsch's Aufgaben, deren Lösung ihm hoffentlich an dazu besonders aufbewahrtem Material gelingen wird.[3]

Aber bei den Torpedineen, wo Hr. Babuchin seine Lehre entwickelungsgeschichtlich durchführte, erhält sie noch ein anderes Interesse. Nach dieser Lehre kann es zwar Species mit gleicher Säulenzahl geben, weichen aber bei zwei sonst nicht sehr verschiedenen Torpedineen die Säulenzahlen im Durchschnitt einer hinlänglichen Anzahl von Zählungen mehr von einander ab, als die Breite der individuellen Schwankungen es gestattet, so wird man annehmen dürfen, dass man es mit verschiedenen Arten zu thun habe. Mit anderen Worten, die mittlere Säulenzahl gehört fortan zur Diagnose einer Torpedineen-Species, und das System der Torpedineen ist mit Rücksicht auf diesen Punkt zu revidiren. So unbeachtet war letzterer bisher geblieben, dass in den systematischen Monographien der Torpedineen die Säulenzahl kaum erwähnt wird,[4] und dass ich, als ich selber hier Hand an's Werk zu legen versuchte, in der umfangreichen, zweihundert Jahre alten Literatur über den Zitterrochen nicht mehr als die oben angeführten, im Ganzen sechszehn Zählungen an vierzehn Individuen vorfand.[5]

---

[1] *Untersuchungen* u. s. w. S. 405.

[2] *Ebenda*, S. 50.

[3] S. die erste Hälfte dieses Berichtes, in den *Monatsberichten*, a. a. O. S. 1152; — oben S. 64.

[4] *Untersuchungen* u. s. w. S. 405.

[5] Siehe die Tabelle in den *Untersuchungen* u. s. w. S. 403.

Unter den Ergebnissen dieser Zählungen fallen zwei sehr auf, das Hunter'sche durch seine Grösse, und das Henle'sche durch seine Kleinheit. Während die übrigen vierzehn Zahlen selbst mit Hinzunahme von den drei sicher zu kleinen Girardi's und Hrn. Valentin's im Verhältniss von 265 : 520 = 1 : 1·963 schwanken, was auch bei Gymnotus vorkommt (s. oben), fällt N. dipterygia mit nur 130, die Hunter'sche Torpedo mit 1182 Säulen aus der Reihe.

Unter diesen Umständen war es ein vorzügliches Augenmerk des Prof. Fritsch auf seiner Reise, durch zahlreiche zuverlässige Zählungen die Grundlage zu schaffen, um das System der Torpedineen an der Hand der Praeformationslehre zu revidiren.

3. Prof. Fritsch's Säulenzählungen am Zitterrochen-Organ.

Bei dem einfachen und regelmässigen Baue des Zitterrochen-Organs stösst zwar das Zählen der Säulen nicht auf so tiefliegende Schwierigkeiten wie an Gymnotus,[1] immerhin bleibt es ein mühsames und zeitraubendes Geschäft. Nach Hrn. Valentin erleichtert man es sich, indem man jede gezählte Säule mit Tinte betupft.[2] Das Organ muss trocken, die Tinte, oder was man sonst anstatt ihrer benutzt, dickflüssig genug sein, damit nicht die Tüpfel zerfliessen. Prof. Fritsch fand es vortheilhaft, die Bezeichnung auf einer über dem Organ angebrachten Glasplatte vorzunehmen. Um ferner ruhig und bequem mehr Organe auszuzählen, als es an Ort und Stelle anging, und als er ohne viel Umstände mitnehmen konnte, photographirte er die Organe. Beide Methoden haben vor der Zählung am Organe selber den Vorzug, dass man die Zählung beliebig zu wiederholen vermag, das Photographiren noch den, dass man dabei zu kleine Organe vergrössern, zu grosse verkleinern kann. Doch bleibt die Zählung am Organ selber natürlich die sicherste. In einzelnen Fällen nahm Prof. Fritsch sie an einem horizontalen (frontalen) Schnitt durch das Organ vor.

Folgende, der Akademie aus Florenz unter dem 28. Februar d. J. eingesandte Tabelle zeigt das Ergebniss von sieben Zählungen, welche Prof. Fritsch aus der grossen Zahl der von ihm in der zoologischen Station zu Neapel vorgenommenen herausgriff. Die Ordnungsnummern sind die seiner ursprünglichen Protocolle, die einzelnen Zählungen nach der Länge der Organe geordnet, welche, ein bemerkenswerther Umstand, wegen relativ verschiedener Länge des Schwanzes, der Länge des Fisches nicht immer proportional ist (s. No. 28 und 15).

---

[1] *Untersuchungen* u. s. w. S. 58. 359.

[2] *Ebenda,* S. 404.

Zahl der Säulen in einem elektrischen Organ von Torpedineen.

Nr.	Species.	Länge des Fisches in Mm.	Länge des Organs in Mm.	Säulenzahl am Rücken	Säulenzahl am Bauch	Unterschied.
20	T. ocellata . .	121	37	+ 487	491	— 4
23	„ marmorata	216	66	469	536	— 67
28	„ ocellata . .	161	68	406	frontaler Schnitt, Zählungen an der dorsalen Fläche der ventralen Hälfte.	
17	„ „ . .	335	98	379	404	— 25
15	„ „ . .	373	114	396	426	— 30
14	„ marmorata	357	123	446	484	— 38
30	„ ocellata . .	405	128	404	436	— 32

4. Unterschied der Säulenzahl an der Rücken- und Bauchfläche der Organe.

Für die Genauigkeit, mit welcher bisher hier verfahren wurde, ist es maassgebend, dass zwar Girardi sich die Mühe nahm,[1] an zwei Fischen die Säulen beider Organe zu zählen, wobei nichts herauskommen konnte, dass es aber vor Prof. Fritsch Niemand einfiel, die Säulen an Bauch- und Rückenfläche desselben Organes zu zählen. Und doch lehrt die Tabelle, dass sich dabei sehr häufig am Bauch mehr Säulen als am Rücken finden, nach dem Durchschnitt der Tabelle im Verhältniss von etwa 108 : 100. Bisher wurde stets ohne Weiteres angenommen, dass alle Säulen von Polfläche zu Polfläche durch die Dicke des Organes hindurchgehen. Nach jenem Zählungsergebniss entsteht die Frage, ob nicht vom Bauch aufwärts strebende Säulen, ähnlich wie bei Gymnotus, im Organ endigen, ohne die Rückenfläche zu erreichen. In einigen Fällen fand auch Prof. Fritsch beim Zerbröckeln gehärteter Organe freie Säulenenden besonders unter den starken Nervenstämmen. Doch hält er dies Vorkommen für kein normales, sondern glaubt, dass die grössere Säulenzahl am Bauche meist nur auf der grösseren Schwierigkeit der Zählung am Rücken beruhe, wo besonders am Umfange des Organes Haut und Fascie einer genauen Aufnahme der hier sehr dünnen Säulen hinderlich sind: zum Theil aus Gründen, welche in der Entwickelung des Organes wurzelnd unten noch zur Sprache kommen (S. 404). Bei ausserordentlich sorgfältiger Zählung am Organ selber gelang

[1] *Untersuchungen* u. s. w. S. 403. 404.

es Prof. Fritsch an zwei Exemplaren von T. marmorata aus Triest gleiche oder fast gleiche Säulenzahl an beiden Flächen zu erhalten: nämlich bei dem einen 320^{mm} langen an Rücken und Bauch 494, bei dem anderen 268^{mm} langen am Rücken + 456, am Bauch 463: Unterschied — 7 Säulen.

5. Vergleichung der Säulenzahl bei grossen und kleinen Zitterrochen.

Demnächst lehrt die Tabelle, dass, der Praeformationslehre gemäss, bei Schwankungen der Organlängen von 37 bis zu 128, oder von 1 zu $3^1/_2$, die Zahl der Säulen nicht bloss merklich dieselbe bleibt, sondern dass sogar kleinere Individuen grössere Säulenzahlen aufweisen, wie sich dies merkwürdigerweise auch bei Gymnotus herausstellte (s. oben S. 393). Dabei kommt noch in Betracht, dass an kleineren Thieren naturgemäss Säulen leichter übersehen werden als an grösseren, was wahrscheinlich auch der Grund von Girardi's und Hrn. Valentin's zu kleinen Zahlen war.[1]

---

[1] Ich fand es nöthig, Prof. Fritsch's Tabelle das Datum der Einsendung an die Akademie beizufügen, weil etwa ein Monat nach ihm Hr. Dr. Th. Weyl aus Erlangen in der zoologischen Station in Neapel gleichfalls Torpedo-Säulen zählte, und seine Ergebnisse schon im *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften* vom 22. April d. J. (Nr. 16. S. 273—277) veröffentlichte. Hr. Weyl hat in 19 Zählungen Girardi's Beobachtung bestätigt, dass in den beiden Organen nicht immer gleich viel Säulen vorhanden sind (s. vorige Seite). Er hat auch in drei Fällen eine grössere Säulenzahl am Bauch als am Rücken gefunden; in einem vierten Falle das Gegentheil, so dass er nicht im Klaren ist. Er hätte in der Station, wo Prof. Fritsch's Ergebnisse bekannt genug waren, leicht Auskunft erhalten können.

Im Anschluss an meine Erörterungen in den „Untersuchungen am Zitteraal" setzte sich Hr. Weyl bei seinen Zählungen besonders vor, den delle Chiaie-Babuchin'schen Satz zu prüfen. Er fand bei kleinen Thieren in der Regel weniger Säulen als bei grossen. Die Ausnahmen, auf welche er stiess, sucht er dadurch zu erklären, dass die kleinen Thiere mit zu viel Säulen Zwerge, die grossen mit zu wenig Säulen also Riesen waren. Die ausführliche Mittheilung von Prof. Fritsch's Zählungen wird es fraglich erscheinen lassen, ob nicht vielleicht Hr. Weyl, wo er eine seiner Ansicht nach zu grosse Säulenzahl bei kleinen Thieren fand, einfach genauer gezählt hatte, als sonst. Ergäbe es sich aber auch wirklich, was nicht unmöglich ist, dass kleinere Thiere durchschnittlich etwas weniger Säulen haben, so folgte daraus noch keineswegs der Sturz der Praeformationslehre. Denn, wie Prof. Fritsch bemerkt, nichts beweist, dass die kleineren Thiere mit weniger Säulen sich zu grösseren mit mehr Säulen entwickeln, vielmehr ist sehr denkbar, dass sie als minder begünstigte Individuen in grösserem Verhältniss zu Grunde gehen, so dass die übrig bleibenden durchschnittlich mehr Säulen aufweisen. Hätte wenigstens Hr. Weyl, von dessen Thieren vier trächtig waren, die Säulenzahl bei den Foetus mit der bei den Müttern verglichen.

Wer die Praeformationslehre anzugreifen unternimmt, ist gehalten, Säulen im Zustand des Entstehens nachzuweisen. Hr. Weyl erinnert statt dessen nur an Hunter's Beobachtung, dass am Umfange des Organs die Säulen am kleinsten sind. Nichts kann

6. Vergleichung der Säulenzahl bei verschiedenen Arten von Torpedineen.

Die Zahl der Säulen in jedem Organ von T. marmorata und ocellata schwankt zwischen 400 und 500; doch wurde T. marmorata sehr regelmässig säulenreicher gefunden, als T. ocellata (nach der Tabelle im Verhältniss von 113 : 100). T. panthera gab bei freilich nur einer Zählung die ganz gewöhnliche Zahl von 453 Säulen.

Oben war die Rede von einer neuen, von Prof. Fritsch unterschiedenen Abart der T. marmorata, welche er wegen ihrer ringförmigen Flecken var. annulata nennt. Sie war ihm in Neapel nicht allein dadurch, sondern auch durch ihre grosse Säulenzahl aufgefallen, welche bei einem 141 mm langen Exemplar am Rücken 601, am Bauche 615 betrug. Sein Erstaunen war daher nicht gering, als er bei dem zweiten, ähnlich gezeichneten Exemplar, von 137 mm Länge, welches ihm in Triest gebracht wurde, eine ähnlich hohe Zahl, 548, fand, während sonst die Triestiner Tt. marmoratae immer nur 460—500 Säulen zeigten. Dadurch aufmerksam gemacht darauf, dass zwischen den Ringflecken und der hohen Säulenzahl vielleicht ein Zusammenhang bestehe, zählte er auch eins der Alexandriner Exemplare mit Ringflecken auf dem Schwanze aus, und gelangte wiederum zur ungewöhnlich hohen Zahl 541.

In Wien fand Prof. Fritsch Gelegenheit zur Untersuchung mehrerer Exemplare von Narcine brasiliensis. Die Anordnung der Säulen weicht etwas von der bei T. marmorata und ocellata ab, besonders durch den länglichen Querschnitt der lateralen Säulen, aber die Säulenzahl ergab sich als fast dieselbe. Sie betrug 450—460; auch hier übertraf die Zahl am Bauch um ein Geringes die am Rücken. Bei einem Foetus derselben Art blieb die Zahl hinter der bei erwachsenen Thieren nicht wesentlich zurück; die Zählung ergab ungefähr 430 Säulen.

Dagegen bei N. dipterygia Henle, Astrape dipterygia Müll. Henle, bei welcher Hr. Henle selber nur 130 Säulen gezählt hatte (s. oben S. 393),

---

jedoch unbilliger sein, als Hunter's seichtes und flüchtiges Urtheil über diesen Punkt, welches seine lange Geltung nur der allgemeinen Unkenntniss und Gleichgültigkeit verdankte (s. oben S. 392. 393), in die Wage legen zu wollen gegen Hrn. Babuchin's ausdauernde, tief überlegte Forschung, Carl Sachs' fast verzweiflungsvolles Suchen nach Übergangsformen zwischen Säulen und Muskelbündeln bei Gymnotus.

Hr. Weyl fragt, ob nicht das elektrische Organ wie jedes andere durch Übung an „activer Substanz“ zunehmen sollte. Es ist gewiss möglich, dass eine elektrische Platte in Folge erhöhten Stoffwechsels bei häufiger Thätigkeit an Substanz zunehme. Wer aber Bau und Entstehung einer Torpedo-Säule sich vergegenwärtigt, wird Vermehrung der Säulenzahl durch häufiges Schlagen nicht viel glaublicher finden, als Vermehrung der Zähne durch häufiges Kauen, der Augen durch häufiges Sehen.

fand jetzt Prof. Fritsch die zwar grössere, aber im Vergleich zu T. ocellata, marmorata und panthera doch immer noch viel zu kleine Zahl von 203 Säulen. Hrn. Henle's Exemplar war sehr klein, daher er einige Säulchen übersehen haben mag.

Aus diesen Thatsachen scheint sich Folgendes zu ergeben. Bei mehreren als „gute Species" zu betrachtenden Torpedineen — T. ocellata, marmorata, panthera, N. brasiliensis — ist abgesehen von individuellen Schwankungen die Säulenzahl ziemlich dieselbe. Ein geringer specifischer Unterschied dieser Zahlen bei T. marmorata und ocellata ist vielleicht vorhanden. Zur sicheren Begründung solchen Unterschiedes sind Mittelzahlen aus zahlreicheren Beobachtungen nöthig, als Prof. Fritsch bei kurzem Aufenthalt an den verschiedenen Stationen sammeln konnte. Die, wie es scheint, regelmässig hohe Säulenzahl der var. annulata (gleichviel ob mit T. Nobiliana Bon. einerlei oder nicht) ist kaum anders zu deuten als durch die Annahme, dass man Ausläufer oder auch atavistische Wiederkehr einer durch Ringflecken und grössere Säulenzahl ausgezeichneten Form vor sich habe. Endlich die über jede Möglichkeit einer Täuschung hinaus abnorm kleine Säulenzahl der Astrape dipterygia rechtfertigt vollauf deren Trennung von der N. brasiliensis, und bestätigt die Bedeutung, welche ich, von der Praeformationslehre aus, der Säulenzählung für die Systematik der Torpedineen beimass. Nichts könnte jetzt hier erwünschter sein, als die Gelegenheit, die Säulenzahl bei Astrape capensis zu bestimmen; es ist nicht unwahrscheinlich, dass sie eine ähnlich kleine sein werde, wie bei A. dipterygia.

7. Das Räthsel der Hunter'schen Riesen-Zitterrochen wird gelöst.

Wie dem auch sei, in hohem Grade räthselhaft erscheint nach dem Allen jene vereinzelte Beobachtung Hunter's. Ein einziges Mal, an der nördlichen Verbreitungsgrenze der europäischen Torpedineen, werden zwei, diese weit an Grösse überragende Zitterrochen gefischt, und ihre Säulenzahl ist fast die doppelte von der grössten sonst je vorgekommenen, der von Prof. Fritsch an der Neapolitaner Ringflecken-Varietät beobachteten von 615 Säulen (s. vorige Seite). Der in den „Untersuchungen am Zitteraal" von mir gezogene Schluss, dass es hier um eine andere Species sich handele, scheint jetzt vollends unausweichlich, und wenigstens der Erwägung werth meine Frage, ob jene beiden Riesen vielleicht überlebende Abkömmlinge der sonst ausgestorbenen, im Abdruck 133 cm langen Art, T. gigantea, waren, deren Reste die eocaenen Schichten des Monte Bolca bergen. Warum sollten in so seltener Art bevorzugte Geschöpfe nicht so gut wie einzelne

Ganoïden die Umwälzung überdauert haben, welche der Mehrzahl ihrer Zeitgenossen verderblich ward?

In der Hoffnung, in den Wiener Sammlungen ein Exemplar der T. gigantea anzutreffen, wurde Prof. Fritsch getäuscht. Aber die Lösung des Hunter'schen Räthsels war dort in anderer Art vorbereitet.

Als Prof. Fritsch den Director des K. K. zoologischen Hof-Cabinetes Hrn. Prof. Franz Steindachner, nach amerikanischen Torpedineen fragte, theilte dieser ihm mit, dass die beiden einzigen in Europa vorhandenen Exemplare einer sehr merkwürdigen amerikanischen Art von ihm selber aus Amerika mitgebracht und in seinem Besitze seien. Diese Art, *T. occidentalis* Storer, wurde schon vor vierzig Jahren von David Humphreys Storer in mehreren, wie es scheint, wenig bekannt gewordenen Notizen beschrieben;[1] sie fehlt in Hrn. Günther's Katalog der Fische des British Museum.[2] „Staunend stand ich", schreibt Prof. Fritsch, „vor diesen gigan- „tischen Torpedokindern, die Hr. Steindachner mühsam herbeischleppte, „da sie trotz der Weingeistschrumpfung noch ein Meter lang waren, und „frisch jedes etwa fünfundzwanzig Pfund gewogen haben mochten." Doch waren dies bei weitem nicht die grössten, ja nicht einmal grosse Exemplare ihrer Art.

Die Kenntniss der T. occidentalis verdankt man wesentlich einem Seefischer von Gewerbe, Captain Nathaniel E. Atwood von Provincetown, an der Spitze des Cape Cod, welches südlich von Boston die nach Nord offene Cape Cod Bay vom Ocean trennt. Nach Atwood's Bericht stranden die Riesen-Zitterrochen im September, October und November, je nach den Jahren in wechselnder Häufigkeit, auf der sandigen Ostküste des Cape Cod. Die kleinsten sind zwei Fuss lang und wiegen nicht über zwanzig Pfund; die grössten, nach Storer fünf Fuss engl. (152^{cm}) langen, schätzt Atwood, ohne sie wirklich gewogen zu haben, auf 170 bis

---

[1] Notice of the Discovery of an Electrical Fish on our coast: in a letter from D. Humphreys Storer to the Editors, dated Boston, Dec. 23, 1842. In Silliman's *American Journal of Science and Arts.* April 1843. vol. XLIV. p. 213; — Description of a new species of Torpedo. Read before the American Academy of Arts and Sciences, April 25th, 1843. *Ibidem,* October 1843. vol. XLV. p. 165 (Abbildung); — A History of the Fishes of Massachusetts. In: *Memoirs of the American Academy of Arts and Sciences.* Cambridge and Boston. 4. New Series. vol. IX. P. I. 1867. p. 247 (Abbildung). — S. auch an den mir nicht zugänglichen Stellen: Storer, *Synopsis*, und: On a living specimen of Torpedo occidentalis (1845), in: *Proceedings of the Natural History Society of Boston*, II. 1848. p. 71.

[2] *Catalogue of the Fishes of the British Museum.* vol. VIII. London 1870. p. 448. — Dr. Günther führt nur in einer Anmerkung zur Gattung Torpedo die Species T. occidentalis mit dem Habitat „United States" als von Storer aufgestellt an, zum sicheren Beweise, dass wenigstens damals das British Museum kein Exemplar besass.

200 Pfund. Der grösste Umfang der Scheibe betrug nach ihm zwölf Fuss, oder ihr Durchmesser etwa vier Fuss.[1] Der Schlag war so stark, dass Atwood mehrmals davon zu Boden stürzte, „wie mit der Axt gefällt." Doch kam es auch vor, dass die Thiere nicht schlugen. Die Schläge wurden durch eine Harpune, ein Seil auf acht bis zehn Fuss Abstand vom Fische gespürt, und waren beim Ausweiden sehr hinderlich, welches wegen des Oeles aus der Leber geschah.

Diese Angaben rühren von keinem wissenschaftlichen Mann her und mögen im einen oder anderen Punkt übertrieben sein. Doch brachte Captain Atwood im October 1845 ein lebendes Exemplar von Provincetown hinüber nach Boston, welches Storer und Jackson an Bord der Schmack sahen, und welches sechzig Pfund wog. Also auch wenn Monteiro's Nachricht von vierzig Pfund schweren Zitteraalen im Amazonas richtig wäre,[2] bliebe T. occidentalis der weitaus grösste elektrische Fisch. Gemessen wurde jenes Exemplar nicht: aber das von Storer genauer beschriebene, von dem leider wieder das Gewicht fehlt, war 127^{cm} lang und 91^{cm} breit; das Maul 15^{cm} lang; der Augapfel hatte 32^{mm} Durchmesser. Die Organe waren 38^{cm} lang, 20^{cm} breit. Der Rücken zeigt auf dunkelbraunem Grunde wenige fast schwarze Flecke, also keine Ringflecke. Storer glaubte zuerst, es nur mit T. Nobiliana Bon. zu thun zu haben, doch fand er bei näherer Prüfung solche Abweichungen der Scheibe, der Flossen u. s. w., dass er sich für berechtigt hielt, seinen Fisch für eine neue Art anzusprechen. Dessen wichtigstes specifisches Merkmal aber sollte ihm entgehen, und blieb nach vierzig Jahren aufzudecken Prof. Fritsch bei seinem Aufenthalt in Wien vorbehalten.

Hr. Steindachner gestattete nämlich bereitwilligst die Untersuchung der Organe seiner Exemplare, und mit lebhafter Genugthuung sah Prof. Fritsch das über der Hunter'schen Säulenzahl schwebende Dunkel sich lichten. An der Bauchseite des rechten Organes nach Ablösung der Haut fanden sich bei dem besser erhaltenen Exemplare 1037, bei dem minder gut erhaltenen jedenfalls auch etwa 1000 Säulen.

Danach kann kaum ein Zweifel sein: Hunter's Riesen-Zitterrochen waren an die englische Küste durch den Golfstrom verschlagene Exemplare von T. occidentalis. Um so wahrscheinlicher ist dies, als nach Hrn. Steindachner im Gegensatz zu anderen Torpedineen, welche sandige Küsten vorziehen, jene nordamerikanische Art die hohe See liebt.

---

[1] Auch wenn mit dem Durchmesser die Breite der Scheibe gemeint ist, stimmt diese Angabe Atwood's nicht völlig zu der Storer's über die Länge, da die Breite der Scheibe zur Länge des Fisches sich nach Storer's Messung wie 4 : 5·6, nach seinen beiden (hierin offenbar wenig genauen) Abbildungen wie 4 : 6·1; 4 : 5·2 verhält.

[2] S. oben S. 79.

Ich war so glücklich, in der Literatur noch zwei muthmaassliche Fälle desselben Vorkommens aufzufinden. Der 1815 verstorbene Colonel Montagu, Verfasser eines ornithologischen Lexicons und der „Testacea Britannica", berichtet als Augenzeuge, dass ein Zitterroche von etwa einhundert Pfund Gewicht (also doppelt so schwer wie Hunter's Exemplare) sich auf der Höhe von Tenby an der Küste von Wales am Steinbutt-Haken gefangen habe; als die Fischer ihn losmachten, war das Thier schon todt. Der Fall sei so selten, dass Niemand den Fisch kannte.[1] Sodann sah 1840 William Thompson, Vice-President of the Natural History Society of Belfast, im Museum des College of Surgeons in Dublin den Abguss eines 1830 auf der Höhe von Dublin gefangenen Zitterrochen von 38″ engl. (97^{cm}) Länge und 28″ (71^{cm}) Breite.[2] Europäische Torpedineen werden nicht so gross.[3] Keiner von beiden Fällen wurde seiner Zeit zu dem Hunter'schen in Beziehung gebracht; dass die Säulen ungezählt blieben, braucht kaum gesagt zu werden.

Ob T. occidentalis in gerader Linie von T. gigantea abstamme, die sie an Länge noch übertrifft, wird nie entschieden werden. Aber die Art, wie die Praeformationslehre hier zur Lösung eines hundertjährigen Räthsels führte, scheint wohl geeignet, die Aufmerksamkeit der systematischen Zoologie auf den ihr von der Physiologie angebotenen Dienst zu lenken.

8. Die Praeformationslehre durch Plattenzählungen auf die Probe gestellt.

Hr. Babuchin dehnte, wie bemerkt (s. oben S. 493), die Praeformationslehre auf entwickelungsgeschichtlichem Wege auch auf die elektrischen Platten des Zitterrochen aus, doch ist der Nachweis unentbehrlich, dass die Plattenzahl bei jungen und alten Thieren dieselbe sei. Bei der Regelmässigkeit des Baues des Torpedo-Organs, und dessen besser beherrschbaren Grössenverhältnissen wird dieser Nachweis hier jedenfalls leichter zu liefern sein, als am Zitteraal und Zitterwels. Ist es wohl glaublich, dass nach den unzähligen Untersuchungen des Torpedo-Organs noch jede Beobachtung der Art fehlt? Alles was wir wissen, und auch dies nur durch eine einzige Messung von Boll, ist, dass bei kleinen Zitterrochen die Platten dünner sind, als bei grossen.[4] Prof. Fritsch fand die Anfertigung von Säulen-

[1] Will. Yarrell, *A History of British Fishes.* London 1836. vol. II. p. 411. — Über Montagu s. vol. I. p. VI. 164.

[2] *Annals of Natural History or Magazine of Zoology etc.* Conducted by Sir W. Jardine etc. 1840. vol. V. p. 295.

[3] *Untersuchungen* u. s. w. S. 33.

[4] *Ebenda*, S. 279. 405.

längsschnitten, also auch Plattenzählungen, an frischen Organen unausführbar; doch wurde deren Conservirung mit Rücksicht auf diese Aufgabe geleitet.

9. Homologie des Torpedo-Organes.

Nachdem Hr. Babuchin die Entstehung der elektrischen Organe bei Torpedo und Raja aus umgewandeltem Muskel bewies, entstand für jeden mit solchen Organen versehenen Fisch die Frage, welche Muskeln dazu verwendet worden seien. Prof. Fritsch fasste zuerst den Plan, dadurch, dass er dem Gymnotus fehlende Muskeln bei dessen Verwandten nachwies, nicht allein jene Frage zu beantworten, sondern zugleich den für die Entstehung der Organe aus Muskeln bei Gymnotus noch nicht gelieferten entwickelungsgeschichtlichen Beweis einigermaassen zu ersetzen. Dies war zum Theil der leitende Gedanke der zweiten den „Untersuchungen am Zitteraal" angehängten Abhandlung des Prof. Fritsch. Der gänzliche Mangel auch an glatten Muskeln, welche sich hätten in elektrisches Gewebe verwandeln können, bei Malopterurus, drängte ihn dann zur Annahme, dass das Homologon des elektrischen Organes bei diesem Fisch nicht in Muskeln, sondern in den Schleimzellen der Haut zu suchen sei.[1]

Jetzt wurde es eine seiner vornehmsten Aufgaben, den Muskeln vergleichend anatomisch nachzuspüren, welche das Material zum Torpedo-Organ liefern; und, wie er glaubt, ist ihm dies völlig gelungen.

Gerade bei Torpedo bestehen für die Organe so feste Grenzmarken durch die aufgebogenen Schulterknorpel aussen, die Kiemen und Kieferbogen innen, dass ein Irregehen kaum möglich ist. Mit kurzen Worten: die elektrischen Organe von Torpedo sind aus den äusseren Belegmuskeln der Bögen des embryonalen Visceralskeletes entstanden. Visceralbögen, nicht Kiemenbögen, muss es dabei heissen, um auch die nicht Kiemen tragenden Kieferbögen hinzuzunehmen. In der That entspricht gerade der vordere breite Theil der elektrischen Organe verwandelten Theilen der Kiefermusculatur, der hintere schmälere der Musculatur Kiemen tragender Bögen. Die Musculatur des letzten Bogens, dessen Nerv sich in der Regel (s. unten S. 406) nicht in das Organ verzweigt, wird daher auch an dem Organaufbau nicht betheiligt sein. Es bleiben im Ganzen sechs, vielleicht nur fünf Bögen übrig, deren Musculatur den Stoff für die elektrischen Organe herzugeben hat. Ein vergleichender Blick auf die Musculatur irgend eines anderen Rochen und einer Torpedinee zeigt demgemäss, ein wie ansehnlicher dort vorhandener Muskelcomplex hier wegfiel.

---

[1] *Monatsberichte* a. a. O. S. 1154 ff.; — vergl. oben S. 65 ff.

Prof. Fritsch hat auf einer Photographie der Rücken- und Bauchseite von Raja asterias jenen Muskelcomplex roth umrissen, und die Photographie einer T. marmorata beigelegt, deren eines elektrisches Organ er möglichst schonend auslöste. Die Lücke in letzterem Bilde entspricht ihrer allgemeinen Gestalt, ihren Einkerbungen und Vorsprüngen nach sehr genau der rothen Zeichnung auf ersterem.

Die Betheiligung der Kiefermusculatur an der Entstehung des Organes macht mit einem Mal verständlich, warum der vorderste elektrische Nerv, obwohl aus einem Vaguscentrum (dem elektrischen Lappen) entspringend, in Contiguität mit dem N. trigeminus erscheint und mit ihm zugleich austritt.

Die Fascien des Organes schliessen sich noch wie die Fascien der verwandelten Musculatur den Skelettheilen an, und verbinden sich eng mit den fibrösen Hüllen der Kiemenspalten, der Mundspalte und der Nasengrube. Hieraus erklären sich die bedeutenden Unterschiede zwischen der Gestalt der Organe an der Rücken- und an der Bauchseite, woraus wieder die Abweichungen der Säulen von der Senkrechten, und ihre zum Theil schräg-pyramidale Gestalt sich ableiten lassen. Während der vordere Theil des Organs am Bauche breiter ist als am Rücken, findet hinten das Umgekehrte statt. Hier gewinnnen also die Säulen vom Bauche nach dem Rücken zu an Raum, vorn verlieren sie daran. Dabei kommt es besonders am vorderen Umfange des Organes vor, dass Säulen am Rücken nicht deutlich zu Tage treten. Solche Gruppen werden bei der Zählung leicht übersehen, und so entsteht wohl meist der von Prof. Fritsch entdeckte Unterschied in der Säulenzahl zwischen Bauch und Rücken, welcher trotz wiederholten Bemühungen bestehen bleibt.

Beiläufig ergiebt sich hier, dass Hrn. De Sanctis' Darstellung der embryonalen Entwickelung des Organes in diesem Punkt ungenau ist.[1] Hr. Babuchin hat sich über die besonderen Muskeln, deren Umwandlung in elektrisches Gewebe er so glücklich verfolgte, nicht weiter geäussert.

Hr. Ranvier hat bekanntlich bei den Rochen, wie bei den Kaninchen, zwei Arten quergestreifter Muskeln, rothe und weisse, unterschieden.[2] Die Muskeln des Kiefer- und Kiemengerüstes schienen Prof. Fritsch sämmtlich zu den weissen zu gehören; deutlich roth fand er die unteren Flossenträger, welche fast nur halb so hoch sind, wie ihre weissen Antagonisten, die oberen Flossenträger.

---

[1] *Embriogenia degli Organi elettrici delle Torpedini ec.* Napoli 1872. 4.

[2] *Comptes rendus etc.* 3 Novembre 1873. t. LXXVII. p. 1030; — *Archives de Physiologie normale et pathologique*, par MM. Brown-Séquard, Charcot et Vulpian. 2me Série. t. I. 1874. p. 5.

10. Zur Entwickelungsgeschichte der Torpedineen.

Es wird am gerathensten sein, hier sogleich anzuknüpfen, was Prof. Fritsch's Briefe noch sonst an vorläufigen Mittheilungen über Entwickelung des Torpedo-Organs enthalten. Er konnte in Triest gut erhaltene, zum Theil sehr jugendliche Embryonen untersuchen, deren kleinster etwa 1 cm maass. Prof. Fritsch bedauert, sich über Hrn. De Sanctis' Schilderung dieser frühen Zustände so wenig beifällig äussern zu können, wie Hr. Babuchin.[1]

In den De Sanctis'schen Figuren fehlt vor Allem die Vermittelung zwischen dem Stadium, wo das Organ schon deutlich umgrenzt erscheint, und dem, wo noch keine Spur davon da ist, also gerade der interessanteste Zeitpunkt. Dass eine so mächtige und eigenartige Anlage wie das elektrische Organ nicht gleichsam mit einem Sprung ihren Platz einnimmt, versteht sich von sich selber. Prof. Fritsch glaubt deren Entstehung in das von Hrn. De Sanctis sogenannte *Stadio squaliforme* des Embryo's verfolgt zu haben, und zwar in Gestalt rundlicher Anschwellungen an den seitlichen Knickungen der Visceralbögen zu einer Zeit, wo die äusseren Kiemen noch nicht entwickelt sind. Danach könnte es sich auch um die erste Anlage eben dieser Kiemenfäden handeln, doch entstehen diese bei den verwandten Fischen mehr an der Innenseite der Bögen, wo sie in Gestalt eines am Rande fingerförmig eingeschnittenen Kammes erscheinen.

Weitere Untersuchungen werden diesen Punkt wohl unschwer aufklären. Jedenfalls ist im *Stadio raiforme* die Umgrenzung des Organs am Embryo sogleich deutlich, was aus Hrn. De Sanctis' Figuren nicht genügend hervortritt. Mit besonderer Genugthuung kannte Prof. Fritsch an solchem Embryo dieselben Einkerbungen und Vorsprünge wieder, welche er an der mir aus Florenz eingeschickten Photographie der Raja asterias roth umrissen hatte, ehe er noch das entsprechende Stadium des Torpedo-Embryo's sah.

11. Gewichtsverhältnisse.

Es sei P das Gewicht eines elektrischen Fisches, p das seiner Organe, $P:p=n$. John Davy fand in zwei Wägungen an unbestimmten Species von Torpedo einmal $n = 2\cdot 73$, das andere Mal $= 6\cdot 84$, ohne selber den Widerspruch zu bemerken. Hr. Steiner giebt als Mittel von 22 Wägungen an T. marmorata und ocellata $n = 3\cdot 85$. Bei Betrachtung seiner Zahlen fiel mir auf, dass ihm T. marmorata durchweg die relativ schwereren Organe lieferte: im Mittel aus 5 Wägungen war für T. marmorata $n = 3\cdot 46$, im

[1] *Dies Archiv*, 1876. S. 505 ff.

Mittel aus 17 Wägungen für T. ocellata = 3·96.[1] Hr. Weyl bestimmt bei beiden Arten *n* zu ungefähr 5 – 6; den Grund der Abweichung zwischen seinen und den Steiner'schen Zahlen vermag er nicht anzugeben.[2]

Prof. Fritsch, dem die grösste anatomische Fertigkeit zur Seite stand, hebt im Gegensatz zu seinen Vorgängern hervor, dass, während die Säulenzahl angegebenermaassen in ziemlich weiten Grenzen schwankt, das relative Organgewicht, oder die Zahl *n*, ausserordentlich beständig bleibt. Er bestimmte das Gewicht der Organe stets erst, nachdem er von Bauch- und Rückenfläche die Haut abpräparirt hatte, und er fand *n* sowohl bei T. marmorata wie bei T. ocellata immer sehr nahe = 4·5; doch glaubt er bemerkt zu haben, dass kleinere Exemplare im Durchschnitt ein kleineres *n* liefern. Bei Malopterurus hatte sich ihm das Entgegengesetzte gezeigt.[3] Das Wachsen von *n* beim Wachsen von Torpedo erklärt sich vielleicht aus der dabei eintretenden mächtigen Entwickelung der Rücken- und Schwanzmusculatur, während bei Malopterurus die rings vom Organ umspannte Musculatur in ihrer relativ schwachen Ausbildung verharrt. Auf alle Fälle kommen, dem relativen Organgewicht wie der elektromotorischen Kraft nach, die Torpedineen unter den Fischen mit vollkommenen elektrischen Organen am tiefsten zu stehen: da *n* beim Zitterwels nur noch 2, beim Zitteraal auch nur etwa 2·66 beträgt. Danach ist die von mir in den „Untersuchungen am Zitteraal" S. 18 aufgestellte Reihenfolge zu berichtigen.

12. Zum Nervensystem der Torpedineen.

Hr. Valentin giebt beim Zitterrochen einen fünften elektrischen Nerven an,[4] welchen neuerlich auch Hr. Aug. Ewald bestätigt.[5] Prof. Fritsch kann dazu nur sagen, dass er in zahlreichen genauen Zergliederungen den fünften Nerven nicht fand, und er hält sich daher für berechtigt, dessen Vorkommen, wenn es sich in einzelnen Fällen bestätigen sollte, für eine Abweichung von der Norm zu erklären.

Hr. Ranvier lässt jeder Ganglienzelle des Lobus electricus einen Wagner'schen Büschel entsprechen.[6] Da aus jeder Zelle ein Deiters'scher Axencylinder-Fortsatz hervorgeht, wird Hrn. Ranvier's Anschauung

[1] *Untersuchungen* u. s. w. S. 17. 18.

[2] *Monatsberichte* u. s. w. 1881. S. 381.

[3] *Ebenda,* S. 1151; — *Dies Archiv,* S. 63.

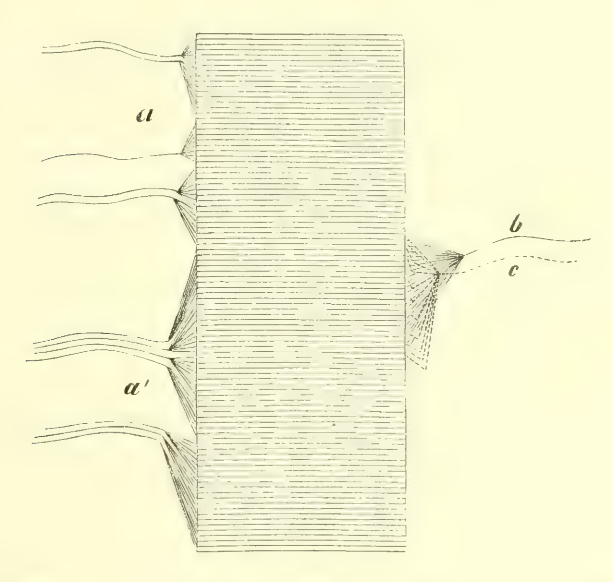
[4] Artikel: Elektricität der Thiere, in Rud. Wagner's *Handwörterbuch der Physiologie* u. s. w. Braunschweig 1842. Bd. I. S. 256.

[5] *Über den Modus der Nervenverbreitung im elektrischen Organ und die Bedeutung desselben für die Physiologie der Entladung des Organs.* Heidelberg 1881. S. 15.

[6] *Leçons sur l'Histologie du système nerveux.* Paris 1878. t. II p. 202.

richtig sein, sobald im Verlauf der Nerven, bis zu den Büscheln hin, keine Theilungen von Nervenfasern vorkommen. Die Zählung der Fasern im Querschnitt der elektrischen Nerven wird dann auch eine bessere Art abgeben, die Zahl der Ganglienzellen zu bestimmen, als die Schätzung nach ihrer Grösse und nach dem Rauminhalt der elektrischen Lappen, wie Boll und Hr. Reichenheim sie versuchten.[1] Prof. Fritsch hat für diese Untersuchung das Material vorbereitet.

Hrn. Ranvier's Angabe, dass die Schnürringe in den elektrischen Nerven dichter stehen als in den Muskelnerven,[2] lässt sich leicht bestätigen; Osmiumpraeparate zeigten Prof. Fritsch die Ringe selber gestreckter als an Muskelnerven.



Unsymmetrische Vertheilung der zu den Säulen von Torpedo tretenden Primitivnervenfasern nach Fritsch: *a, a'*. — *b*, Primitivfaser und Wagner'scher Büschel ohne Zerrung. — *c*, derselbe Büschel mit geknickten Theilfasern (punktirt).

Prof. Fritsch schritt auch zur Prüfung der neuerlich von Hrn. Aug. Ewald über die Wagner'schen Büschel veröffentlichten Beobachtungen.[3] Er kann die von Hrn. Ewald beschriebene regelmässige Nervenvertheilung vollkommen bestätigen, ja er möchte diese Regelmässigkeit noch schärfer betonen, da die in die Platten eintretenden Nervenfasern für ganze Platten-

[1] *Untersuchungen* u. s. w. S. 293.

[2] *Leçons etc.* L. c. p. 170.

[3] *Über den Modus der Nervenverbreitung* u. s. w. S. 15 ff,

reihen in Reih und Glied wie Soldaten „ausgerichtet“ stehen, wie es auch bei Mormyrus der Fall ist (s. oben S. 391). Dagegen konnte er sich von der von Hrn. Ewald beschriebenen hakenförmigen Umbiegung der Büschelzweige noch nicht überzeugen. Die besten Dienste leistete ihm bei dieser Untersuchung die schon so häufig mit Nutzen verwandte concentrirte Salpetersäure, zu der er nur $^1/_3$ Wasser setzte. Ein Stück Organ mit zahlreichen möglichst dünnen Säulen liess sich nach fünf Tagen unter Flüssigkeit durch leichte Berührung so zerlegen, dass isolirte Säulen mit den zutretenden Nerven umherschwammen. Unter dem Zeiss'schen Praeparirsystem erkennt man noch, dass diese Nervenästchen aus einer sehr ungleichen Zahl von Primitivfasern bestehen, und dass sie in ungleichen Abständen zur Säule treten, wie man dies links bei *a*, *a'* in umstehendem Schema sieht, welches das hier stattfindende Verhalten ausdrückt, soweit Prof. Fritsch es vertreten zu können glaubt. Eine nothwendige Folge dieser Anordnung ist ungleiche Länge der Zweige, in welche ein Axencylinder sich auflöst, um einen über oder unter dem Ausstrahlungspunkt des Büschels gelegenen Plattensatz zu versehen. Der rechts in zwei Stellungen *b* und *c* gezeichnete Büschel lehrt sodann, wie leicht dabei Hrn. Ewald's hakenförmige Knickung an den längeren Büschelzweigen zu Stande kommen kann, und bei seiner Praeparationsweise erscheint es nicht unmöglich, dass dies die Erklärung des von ihm behaupteten Bildes sei.

13. Zur Kenntniss der elektrischen Platte.

Nachdem von Rud. Wagner und R. Remak bis zu Boll und Hrn. Ranvier die besten Histologen an der elektrischen Platte von Torpedo ihr Geschick und ihren Scharfsinn übten, waren grosse Ernten auf diesem Felde nicht zu erwarten.

Hr. Fritsch lenkt die Aufmerksamkeit auf einen bisher nicht beachteten Umstand. Bekanntlich sind die elektrischen Platten bei Torpedo nach dem Rücken zu gewölbt,[1] wie beiläufig bei Gymnotus nach dem Kopfe zu,[2] beidemal nach der dem Nerveneintritt abgewandten Seite, oder in der Richtung des Schlages. Die Torpedo-Platten haben also eine grössere Oberfläche, als die durch ihren Rand gelegte Ebene. Es fragt sich, in welcher Art sie sich in Falten legen, wenn sie, anstatt durch Druck von unten her sich nach oben zu wölben, sich jener Ebene nähern. Nach Prof. Fritsch findet dabei concentrische Fältelung der Platten statt, so dass sie im axialen Längsdurchschnitt der Säulen treppen- oder zick-

[1] Ranvier, *Leçons etc.* L. c.

[2] *Untersuchungen* u. s. w. S. 37. 38.

zackförmig erscheinen, etwa wie nach Tetanus an Wiederausdehnung verhinderte Muskelbündel. Dabei entsprechen einander die Knickungen benachbarter Platten. Es giebt keinen Grund, zu bezweifeln, dass unter gleichen mechanischen Bedingungen Aehnliches auch bei unverletztem Organ stattfinde.

Mit diesem Verhalten hängt ein anderes zusammen, welches die von Hrn. Ranvier als *Couche dorsale* bezeichnete zarte Bindegewebeschicht an der Rückenfläche der Platten betrifft. Diese Schicht, welche Prof. Fritsch seit seinen in Smyrna 1875 angestellten Untersuchungen kennt, ist nach ihm nicht, wie nach Hrn. Ranvier, eine einfache Lage, sondern sie verknüpft durch feine Fasern die Rückenfläche jeder Platte mit der Bauchfläche der darüber liegenden, so zwar, dass dadurch die Congruenz der concentrischen Fältelung benachbarter Platten bedingt wird, und dass die von Platte zu Platte sich fortsetzenden Fasern gleichsam ein auf der Plattenwölbung orthogonales, gegen den Bauch gewölbtes Curvensystem bilden.

Die von Hrn. Ranvier beschriebene Umbiegung des Plattenrandes nach der Bauchseite, welche auch bei Gymnotus ihr Seitenstück hat und von Prof. Fritsch als Aufkrämpung bezeichnet wird,[1] ist ausserordentlich schwach, verhält sich aber sonst wesentlich wie ihr Entdecker angiebt. Hr. Ranvier hat die Frage nicht berührt, wie sich die Nervenendigungen zur Krämpe verhalten,[2] nämlich ob sie an deren innere, der Säulenaxe zugewandte Fläche ebenso hinantreten, wie an die Bauchseite der Platte, in welche jene Fläche sich fortsetzt. Strömt die Elektricität in der Platte in der Verlängerung der Nervenendigungen, so wäre diese Einrichtung unzweckmässig, daher ich meinte, dass vielleicht die Krämpe als ringförmige Papille aufzufassen sei. Prof. Fritsch hält die Beantwortung der Frage nach dem Verhalten der Nervenendigungen zur Krämpe für ausnehmend schwer; deren Deutung als Ringpapille sagt ihm nicht zu, weil er in den Papillen, wie sie bei Gymnotus so stark entwickelt sind, Reste der musculären Anordnung, in den Aufkrämpungen dagegen Einflüsse der elektrischen Umbildung, Stauchungen seitlich sich ausdehnender Platten sieht.

Prof. Fritsch betrachtet es überhaupt als eine Hauptaufgabe der Zitterfisch-Morphologie, die beiden in der Bildung der aus Muskeln entstandenen elektrischen Organe nothwendig vorhandenen und gleichsam einander durchdringenden Systeme zu unterscheiden: die ursprüngliche musculäre und eine neue durch die elektrische Function bedingte Anordnung, welche letztere, je höher das Organ sich entwickelt, um so mehr sich gleichsam usurpirend geltend macht. Bei Torpedo giebt letzteres System die Regel-

---

[1] *Untersuchungen* u. s. w. S. 385.

[2] *Ebenda*, S. 298.

mässigkeit der Säulenanordnung, des Plattenaufbaues und der damit verknüpften feineren Nervenvertheilung; ersteres macht sich noch bemerklich durch die Ungleichheit der Bauch- und Rückenseite der Organe, die Abweichung der Säulen von der Senkrechten, die Verflechtung der umhüllenden Fascien und des Zwischengewebes mit den benachbarten Organen, endlich durch die Anordnung jenes schon erwähnten Bindegewebes zwischen den Platten. Es ist hier nicht der Ort, Prof. Fritsch weiter in diesen Betrachtungen zu folgen.

14. Zur Physiologie des Torpedo-Organes.

Obschon planmässige experimentelle Forschung keinen Theil von Prof. Fritsch's schon hinreichend ausgedehntem Arbeitsprogramm ausmachte, versäumte er keine Gelegenheit zu physiologischen und biologischen Beobachtungen, welche sich ohne besondere Hülfsmittel im Vorübergehen anstellen liessen.

Sachs glaubte bemerkt zu haben, dass ein ermüdetes Gymnotus-Organ sich durch körnige Trübung der Plattensubstanz von einem in Ruhe gebliebenen mikroskopisch unterscheide, was ich versuchte, auf Mucinfällung durch die bei der Thätigkeit gebildete Säure zurückzuführen.[1] Erfolgreicher als Boll, der das Torpedo-Organ nie durch Thätigkeit sich säuern sah,[2] giebt Hr. Weyl an, dass einstündiges Tetanisiren mit Inductionsströmen, wie auch Strychnintetanus diese Wirkung erzeuge.[3] Danach könnte auch hier eine mikroskopisch wahrnehmbare Veränderung eintreten. Prof. Fritsch hat nichts der Art gesehen, doch prüfte er nur Organe von Thieren, die im Leben zum Schlagen gereizt wurden, nicht künstlich erschöpfte.

Er klagt über die grosse Trägheit der Zitterrochen; nach Beobachtungen Anderer, beispielsweise Walsh's und Hrn. Colladon's,[4] bin ich aber geneigt, diese Trägheit zum Theil der winterlichen Temperatur zuzuschreiben.

Verminderte diese aller Wahrscheinlichkeit nach die Lebhaftigkeit der Thiere, so erhöhte sie dagegen deren Lebenszähigkeit. Ein anatomisches Praeparat von einem schon seit einer Stunde exenterirten grossen Zitterrochen, bestehend aus der geöffneten Schädelkapsel mit einem Drittel eines Organs und dem anliegenden Kiemenkorb nebst Wirbelsäule, gab noch einen deutlichen Schlag.[5]

---

[1] *Untersuchungen* u. s. w. S. 257. 258.

[2] E. du Bois-Reymond, *Gesammelte Abhandlungen zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysik.* Leipzig 1877. Bd. II. S. 647.

[3] *Monatsberichte* u. s. w. 1881. S. 385.

[4] *Untersuchungen* u. s. w. S. 255.

[5] Ueber die Lebenszähigkeit der Nerv-Organ-Praeparate von Gymnotus und Malopterurus s. *ebenda* S. 188.

„Das Personal der zoologischen Station in Triest behauptet“ — so erzählt Prof. Fritsch — „dass die auf der Station gehaltenen Katzen, wel-„chen die Fischabfälle als Futter gereicht werden, von Stücken frischen „Torpedo-Organs wiederholt Schläge erhalten hätten, und seitdem solche Stücke „scheu vermeiden.“ Doppelt unwahrscheinlich sind danach die Geschichten von durch Katzen aufgefressenen Zitterwelsen, nächtlich in ihrem Behälter durch Wasserratten überfallenen Zitteraalen.[1]

15. Zur Immunitätslehre.

Prof. Fritsch bestätigt die schon von Hrn. Steiner gemeldete Thatsache,[2] dass ein mit voller Faust am Schwanz erfasster Zitterroche keine Schläge zu ertheilen vermag, aber instinctmässig sich sehr gewandt gegen die haltende Hand aufwärts krümmt, um sie mit undulirendem Flossenrande zu berühren. Sobald ihm dies gelingt, erhält man einen Schlag. Sichtlich ist sich der Fisch seiner Wehrlosigkeit in der ersten Lage und des Mittels, ihr abzuhelfen, bewusst. Er versteht entschieden mehr von Elektricität als die Physiologen, welche verlangen, dass ein Zitterroche in der Luft ebenso schlage wie im Wasser, und welche daraus, dass sie beim Ergreifen des Schwanzes allein an der Luft keinen Schlag erhalten, schliessen, dass auch im Wasser keine Stromcurven durch den Schwanz gehen.

Prof. Fritsch hatte auch Gelegenheit, Hrn. Steiner's Angabe zu prüfen, dass kleine Zitterrochen in Berührung mit grossen zuweilen bei deren Schlage zucken.[3] Die Beobachtung scheint in der zoologischen Station in Neapel mehrmals geglückt zu sein, doch gehört dazu öftere Wiederholung des Versuches mit verschiedenen Thieren unter verschiedenen Umständen. Bei der schon erwähnten grossen Trägheit der Thiere glaubt Hr. Fritsch eben nur das Zucken des kleinen Zitterrochen gesehen zu haben, eine bestimmte Meinung darüber zu äussern wagt er nicht.

Was die Bedeutung der Thatsache, wenn sie richtig ist, für die Immunitätslehre betrifft, so hat es vorläufig sein Bewenden bei dem von mir in den „Untersuchungen am Zitteraal“ abgegebenen Urtheil. Ehe sie gegen die Immunitätslehre in's Feld geführt wird, muss bewiesen sein, dass nicht

[1] *Untersuchungen* u. s. w. S. 103. 104. — Diesen Geschichten widerspricht auch der Bericht bei Storer, wonach ein Hund, der in der See Flundern zu fischen pflegte, sich einmal an einer Torpedo vergriff, und so tetanisirt (*perfectly convulsed*) wurde, dass er heulend davonlief, und nie wieder zu bewegen war, auf den Fischfang zu gehen. (*Reports on the Fishes, Reptiles and Birds of Massachusetts etc.* Boston 1839. p. 201; — *Memoirs of the American Academy etc.* L. c. p. 250).

[2] *Dies Archiv,* 1874. S. 690.

[3] *Untersuchungen* u. s. w. S. 262.

der kleine Fisch selber schlägt, um sich gegen den Schlag des grossen zu wehren, wie dies von fremden elektrischen Entladungen getroffene Zitterfische thun, und dabei mit den Augen zwinkert und andere Mitbewegungen ausführt, wie geschwächte Zitterrochen pflegen. Sollte aber wirklich der kleine Fisch durch den Schlag des grossen zucken, so würde dies doch nichts daran ändern, dass Zitterfische, ohne darunter zu leiden, von einem stärkeren Antheil ihres eigenen Schlages betroffen werden, als ein irgendwie ihnen genäherter Fisch; dass sie in einem, jedem anderen Fische tödtlichen elektrischen Felde vergnügt umherschwimmen, und dass nach Boll die gemischten Zitterrochen-Nerven eine höhere Reizschwelle haben als ein Froschischiadicus.[1]

Prof. Fritsch hat nicht aufgehört, auf etwaige Schmarotzer der Zitterfische zu achten.[2] Eine Liste von Schmarotzern des Zitterrochen hatte er mir schon früher, theils aus der Literatur, theils aus eigener Beobachtung bei seinem ersten Aufenthalt in Smyrna mitgetheilt.[3] In Neapel sind Parasiten bei Torpedo auffallend selten, dagegen waren sie auch diesmal in Smyrna häufig. Reaction auf die Schläge der Wohnthiere wurde nicht beobachtet, und dürfte sich schwer nachweisen lassen. Besonders die gewöhnlichen Bothriocephaliden des Zitterrochen sind so träge, dass man sie überhaupt nur spurweise sich bewegen sieht.[4]

IV. Raja spec.

Von gemeinen Rochen beobachtete Prof. Fritsch *Raja radula*, *miraletus*, *Schultzii*, *asterias*, *Myliobatis aquila*. Am geeignetsten für die Unter-

---

[1] *Untersuchungen* u. s. w. S. 259.

[2] *Monatsberichte* u. s. w. S. 1151; — S. oben S. 63.

[3] *Untersuchungen* u. s. w. S. 274. 410.

[4] Es fehlt noch fast ganz an Erfahrungen über die elektrische Erregbarkeit solcher Thiere. Humboldt's Beobachtungen an Taenien und Ascariden beweisen nach seiner eigenen vorsichtigen Deutung nur, dass die Thiere den „Metallreiz" empfanden, nicht, dass ihre Muskeln sich dadurch zusammenzogen (*Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser*. 1797. Bd. I. S. 271). Obschon es bei Tiedemann heisst (*Physiologie des Menschen*. Darmstadt 1830. Bd. I. S. 569): „Dass die Eingeweidewürmer „durch die Reibungs- und Contact-Elektricität erregt werden können, ist eine bekannte „und durch viele Versuche erwiesene Thatsache" — habe ich weder aus der Zeit vor, noch aus der nach Erfindung des Tetanisirens eine Angabe der Art gefunden. Da noch 1829 Hr. Fechner sich auf jene Humboldt'schen Versuche beruft (*Lehrbuch des Galvanismus* u. s. w. S. 504), ist zu vermuthen, dass auch Tiedemann keine anderen im Sinne hatte. Im Hinblick auf die unbestreitbare elektrische Erregbarkeit vieler niederen Thiere erscheint es mir als keine glückliche Lösung, wenn man meine Frage, warum die Schmarotzer der Zitterfische nicht von diesen erschlagen werden, durch die Hypothese *ad hoc* zu beseitigen sucht, dass die Schmarotzer gegen elektrische Schläge überhaupt immun seien.

suchung des elektrischen Organs erschienen ihm R. asterias und miraletus. Das Organ, wie bei Mormyrus zu den Seitenmuskeln des Schwanzes gehörig, verdient, wie Prof. Fritsch bemerkt, in der That den Namen eines unvollkommenen, den ich neuerlich an Stelle des einst von mir eingeführten eines pseudoëlektrischen setzte.[1] Die vergleichsweise geringe Zahl der elektrischen Elemente, welche noch kaum Platten zu nennen sind, stellt keine bedeutende Vervielfältigung der Kraft in Aussicht, während der grobe Aufbau aus noch kenntlichem Muskel mit maeandrisch verwälzten Querstreifen, und aus protoplasmatischen Balken, auch nicht auf hohe elektrische Leistungsfähigkeit des einzelnen Elementes schliessen lässt. Sichtlich ist hier der Muskel erst unvollständig zu elektrischem Gewebe umgewandelt, und an gewissen Muskeln in der Nachbarschaft der Organe sah Prof. Fritsch ein Verhalten wieder, das ihm schon am Schwanz von Mormyrus auffiel: die Primitivmuskelbündel knäueln sich auf, bilden mehr oder minder durchscheinende Anschwellungen, und treten bei Raja oft als rundliche Brocken neben den Organen auf, die ja selber Anhäufungen solcher rundlichen Gebilde darstellen. Prof. Fritsch vermuthet in diesem Verhalten Spuren des Umwandlungsvorganges, durch welchen die Muskeln zu elektrischen Organen wurden.

Hier scheint die Gelegenheit geboten, diesen Vorgang mit grösstem Vortheil zu ergründen, und schon hat Hr. Babuchin diese Bahn mit glänzendem Erfolg betreten. Nachdem Prof. Fritsch den Gegenstand durch eigene Anschauung kennen lernte, sind ihm hinsichtlich der von ihm nach Hrn. Babuchin's Abbildungen angenommenen Homologie des Raja-Elementes mit der Gymnotus-Platte[1] Bedenken aufgestiegen, deren Darlegung jedoch besser ihm selber vorbehalten bleibt. Nur so viel sei noch bemerkt, dass er in dem sogenannten Schwammkörper jenes Elementes eine den Bogensystemen der Mormyrus-Platte entsprechende Bildung erkennen zu sollen glaubt.

---

[1] *Untersuchungen* u. s. w. S. 68.

[2] *Ebenda,* S. 381. 394.

Über die Praeformation der elektrischen Elemente im Organ der Zitterfische, und den von Hrn. Weyl dawider gerichteten Angriff.[1]

Von

Prof. Babuchin
in Moskau.

Schreiben an den Herausgeber.

Cannes, 13. Juni 1882.

— Vor Kurzem fiel mir ein Artikel von Hrn. Dr. Weyl in die Hände (*Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1882. Nr. 16), in welchem er glaubt, durch Zählungen der Prismen der elektrischen Organe von Torpedo unwiderleglich zu beweisen, dass bei dem Wachsthum der Torpedo fortwährend neue elektrische Elemente entstehen. Ich weiss nicht, was Sie von diesem Artikel denken. Nicht sachkundige Leute, welche nicht verstehen, auf welche Schwierigkeiten und Fehlerquellen Untersuchungen der Art stossen, wie Hr. Weyl sie sich vorsetzte, werden geneigt sein, seinen Artikel wirklich für ganz beweiskräftig zu halten, und in der That enthält derselbe eine statistische Tabelle und eine darauf fussende Erörterung, die beim ersten Blick bestechen kann. Unglücklicherweise ist das Alles nur Schein.

1. Vor Allem ist der Hauptgrund, welchen Hr. Weyl als unfehlbar betrachtet, ganz falsch. Er sagt nämlich: je grösser der Fisch, desto älter muss er sein. Also ein zwanzigjähriges Pony muss jung sein im Vergleich mit einem sechsjährigen normännischen Riesenpferde! Soweit meine Erfahrung reicht, variirt die Zahl der Prismen nicht nur nach Abarten, son-

[1] Vergl. oben S. 397.

dern in diesen Abarten auch nach der verschiedenen Grösse der Individuen. Ueberhaupt kommen ja bei Torpedo sehr mannigfaltige Variationen vor. Wie verschieden zum Beispiel ist nicht bei T. marmorata die Form der Scheibe, deren Zeichnung u. s. w; — Unterschiede, welche vielleicht durch mannigfaltige Kreuzung verschiedener Abarten entstehen.

2. Die statistische Tabelle enthält eigentlich keine wahre Statistik; der Hauptmangel derselben besteht darin, dass Hr. Weyl von jeder Länge nur je einen Fisch untersucht hat. Er hätte womöglich viel Fische von derselben Länge untersuchen und dann die Mittelzahl nehmen sollen. Wie kann er denn verbürgen, dass der Fisch Nr. 9, welcher 400 Prismen hat, nicht noch dieselbe Zahl von Prismen haben werde, wenn er seine definitive Grösse erreicht? Wie unbedeutend ist der Zuwachs an Prismen zwischen dem Fische Nr. 2 von 13 ^{cm} Länge mit 400 Prismen und dem anderen Nr. 17 von 40 ^{cm} Länge mit 427 Prismen! Ein Zuwachs, welcher gewiss in der Grenze der Fehler liegt. Es wäre viel nützlicher gewesen, wenn er, anstatt die Prismen bei 19 Fischen verschiedener Grösse zu zählen, nur die Extreme genommen hätte, also z. B. 10 Fische von 13 ^{cm} und 10 von 43 ^{cm} Länge.

3. Seine Schlüsse aus der Tabelle sind voreilig und willkürlich, um nicht zu sagen leichtsinnig. Dass er gewagt hat, aus seiner Tabelle, aus welcher gar nichts Sicheres folgt, und aus einigen älteren Zählungen solche Schlüsse zu ziehen, ist schon eine voreilige That. Wenn er beachtet hätte, wie die Zahl der Prismen in jeder von seinen drei Abtheilungen von Fischen (junge, mittlere und alte) variirt, wie innerhalb derselben die grösseren, nach seiner Meinung älteren Fische, oft weniger Prismen haben als die kleineren, nach seiner Meinung jüngeren, wie zum Beispiel Nr. 4, verglichen mit Nr. 2, Nr. 18 verglichen mit Nr. 14: dann freilich würde er nicht so leichthin Schlüsse gezogen haben, sondern er hätte wirklich den statistischen Weg betreten, d. h. mehrere Fische von nahe derselben Grösse untersucht. Bei diesem Verfahren bin ich sicher, dass er mehr und mehr junge Fische finden würde, welche so viel Prismen haben, wie die grossen, und umgekehrt: wenn nur alle Fische derselben Abart angehören.

4. Die Willkürlichkeit seiner Schlüsse sieht man daraus, dass, wenn er unter grossen Fischen, zum Beispiel an Nr. 15, eine sehr kleine Zahl von Prismen antrifft, er das für eine Ausnahme erklärt, und wenn er unter kleinen Fischen, zum Beispiel an Nr. 3, eine grössere Zahl findet, welche ihm nicht passt, er diesen Fisch für einen Zwerg erklärt. Es müssten also, nach Hrn. Weyl, alle Organe solcher Zwerg-Torpedo zu einer gewissen Zeit zu wachsen aufhören, nur die elektrischen Organe fahren fort, wie von unüberwindlicher Kraft getrieben, neue Prismen zu erzeugen. Man könnte daraus gerade umgekehrt auf eine typische Zahl elektrischer Elemente

schliessen. Unglücklicherweise beweist die ganze Sache vielleicht nur, dass er in diesem Fall mit besserem Erfolg gezählt hat.

5. Seine Erwähnung von Hunter's Zählung zeigt nur, dass er so wenig wie Hunter wusste, dass bei verschiedenen Abarten von Torpedo die Zahl der Prismen variirt.

6. Sein Schluss, dass die schmäleren peripherischen Prismen solche sind, welche sich erst bei dem erwachsenen Thiere gebildet haben, ist auch so richtig, als wenn jemand sagte, dass die grösseren centralen Palmenblätter älter sind als die kleineren peripherischen. Er hat übrigens darin Recht, dass die peripherischen schmalen Prismen jünger sind, aber 1. war dies, glaube ich, längst bekannt; 2. sind sie auch schmäler im Vergleich mit den anderen Prismen, noch ehe die Fische zur Welt kommen, sie sind also nur wenig jünger als die centralen, nicht um viele Jahre; 3. sind nicht nur die peripherischen Prismen schmäler, sondern das ganze vordere Viertel des Organs besteht aus solchen schmäleren Prismen. Hr. Weyl hat keinen Beweis gegeben, dass bei dem Wachsthum des Thieres diese Prismen dicker werden, und dass wieder neue schmale entstehen. Eine unvermeidliche Folge seiner Annahme wäre, dass an der Peripherie bei jeder Grösse des Fisches immer Prismen zu finden sein müssten, welche zum Beispiel unter 1 mm im Durchmesser hätten. Ich bürge aber dafür, dass es keinem geschickten Forscher gelingen wird, bei einem Fisch von 30 cm Länge solche Prismen anzutreffen, auch wenn er der Curiosität halber sich darauf legte, dergleichen zu finden.

Alle meine bisherigen Bemerkungen sind in der Voraussetzung gemacht, dass Hr. Weyl besser zählt, als Schlüsse zieht, aber das ist die Frage. Er erwähnt nicht die ausserordentlichen Schwierigkeiten, welche der Zählung der Prismen bei kleinen Fischen entgegentreten, und er sagt kein Wort davon, welche Mittel er gebraucht habe, um diese Schwierigkeiten zu überwinden. Seine Kochmethode, wie ich aus eigener Erfahrung weiss, vergrössert nur diese Schwierigkeiten, aber vermindert sie nicht, so dass man unwillkürlich auf den Gedanken kommt, dass die von ihm bei kleineren Fischen gefundene geringe Zahl von Prismen wenigstens zum Theil auf der grösseren Schwierigkeit der Zählung ruht. Die richtige Zahl der Prismen kann man nur dann bekommen, wenn nach Entfernung der Haut das ganze Organ auspraeparirt wird, sonst werden bei kleinen Fischen sicher sehr viele peripherische Prismen in die Zählung nicht eingeschlossen. Die Operation bietet sehr grosse Schwierigkeiten dar, so dass schon bei 10 cm langen Fischen, bei welchen die peripherischen Prismen so ungemein schmal, und am vorderen Rande des Organs so kurz sind, beim Abnehmen des Bindegewebes die ganze peripherische Reihe verloren gehen kann. Das allein

giebt schon einen Verlust von einigen Dutzend Prismen, was keine Kleinigkeit ist.

7. Wenn schliesslich Hr. Weyl mit solcher Bestimmtheit sagt, dass die jungen Prismen an der Peripherie erscheinen, warum hat er sich keine Mühe gegeben, diese jungen Prismen mikroskopisch zu untersuchen, um zu erfahren, ob wirklich dieselben auf irgend welcher früheren Stufe der Entwickelung sich befinden? Das wäre mehr wissenschaftlich, als ohne allen Grund vorauszusetzen, dass diese Prismen von Neuem aus embryonalem (welchem?) oder gar elektrischem Gewebe entstehen!

Aus allem bis jetzt Gesagten folgt, dass Hr. Weyl für Lösung seiner Aufgabe nicht hinreichend vorbereitet war, und dass, was ich in meinen kurzen Mittheilungen über die elektrischen Organe ausgesprochen habe, dass nach vollständiger Ausbildung der elektrischen Organe keine neuen elektrischen Elemente entstehen und dass die jüngeren und die erwachsenen Fische dieselbe Zahl von Elementen haben, von Hrn. Weyl nicht nur nicht widerlegt, sondern auch nicht erschüttert worden ist. In meiner Mittheilung habe ich nicht Alles gesagt, worauf ich meine Behauptung stütze, und ich finde mich verpflichtet, Ihnen jetzt auch diese Gründe mitzutheilen. Ich habe meine Behauptung gefolgert nicht nur, wie Sie wissen, aus den sorgfältigsten mikroskopischen Untersuchungen, sondern auch aus der Zählung der Prismen. Als ich das Studium der Entwickelung der elektrischen Organe anfangen wollte, kam mir zufällig zu allererst eine Torpedo in die Hände, welche so reife Früchte hatte, dass sie mit Pigmentflecken von bestimmter Form bedeckt waren. Vom Dottersack war keine Spur mehr vorhanden, und die Jungen konnten schon im Wasser schwimmen, obwohl sie nach einigen Stunden starben. Mein erster Gedanke war, dass ich bei diesen Früchten zufällig hier und da Prismen finden könnte, welche noch im Entwickelungszustande sich befänden, aber ich suchte, wie später Sachs bei Gymnotus, vergebens. Obwohl ich fadendünne Prismen antraf, fand ich überall die elektrischen Elemente schon ganz vollständig entwickelt. Dann kam ich auf den Gedanken, bei nächster Gelegenheit die Zahl der Prismen bei reifen Embryonen mit der Zahl derselben bei der Mutter zu vergleichen, und zu meinem Erstaunen fand ich bei der Mutter 405, bei dem Fischchen 408 Prismen. Bei einem anderen Foetus derselben Mutter fand ich nur 395 Prismen (auf derselben [linken] Seite). Ich habe schon oben erwähnt, wie verdriessliche Schwierigkeiten die Zählung der Prismen bei solchen Fischchen darbietet; aber von diesen Schwierigkeiten kann sich Niemand einen richtigen Begriff machen, der es nicht selbst versucht hat. Diese Schwierigkeiten rühren nicht nur daher, dass im vorderen Viertel die Prismen äusserst schmal sind, sondern in noch höherem Maasse daher, dass sehr oft zwei, sogar drei Prismen so dicht neben einander stehen, dass die

Enden derselben zu einem Feld zusammenfliessen. Nur vermittelst verschiedener Kunstgriffe und vermittelst starker Vergrösserung konnte ich mich überzeugen, dass man hier mit mehr als mit einem Prisma zu thun hat. In dieser Verschmelzung liegt auch vielleicht die Ursache, dass Andere weniger Prismen gefunden haben, als ich. Nach einigen Proben bin ich bei folgender Methode stehen geblieben: Ich erhärtete die Fischchen in Chromsäurepraeparaten. Nach der Ablösung der sehr dünnen Haut schälte ich unter einer starken Lupe das Organ höchst vorsichtig unter Wasser aus, in welchem ich das Praeparat noch einige Zeit maceriren liess, indem dann in Folge der Imbibition die Enden der Prismen schärfer und mehr gewölbt hervortreten. Nach dieser Operation stach ich in jedes einzelne Prisma die feinsten Nadeln (nicht Insectennadeln, welche für diese delicate Operation noch zu stumpf sind und die Prismen nur zerdrücken); wenn dabei einige Randprismen zufällig abfielen, so legte ich die Nadeln mit den daran steckenden Prismen auf die Seite. Nachdem alle Prismen durchstochen sind, stehen die Nadeln so dicht aneinander, dass das Ganze das Aussehen einer dichten Drahtbürste hat. Es erübrigt nun bloss noch, die Nadeln herauszunehmen, mit denen, welche in den abgefallenen Prismen stecken, zusammenzuzählen, und die Zahl derselben so viele Male zu controliren, wie man will. Bei der Mutter war es möglich, viele Male die Nadeln in die Prismen einzustecken, bei den Früchten aber war das nicht der Fall, da hier immer viele Prismen durch die Operation beschädigt werden.

Nachdem ich erfahren habe, dass bei Torpedo die elektrischen Platten aus Muskelfasern sich entwickeln, habe ich wieder die reifen Fischchen untersucht, ob nicht irgend wo an der Peripherie oder in der Mitte ein Bündel von Muskelfasern versteckt bleibt, aber ich suchte wieder vergebens, sowie auch bei mehr oder weniger erwachsenen Fischen.

Nach meinen Untersuchungen vollkommener und unvollkommener elektrischer Organe bei vielen Arten von Rochen, beinahe allen Arten von Mormyrus, und bei Torpedo, steht der Satz unerschütterlich fest: Keine elektrische Platte kann sich entwickeln, ohne vorher Muskelfaser zu sein, welche als Larvenzustand der elektrischen Platte betrachtet werden kann. Hr. Weyl aber träumt ich weiss nicht von welchen embryonalen Geweben, oder gar von der Theilung der elektrischen Platte, und zählt emsig anstatt der elektrischen Platten, welche wirkliche elektrische Elemente darstellen, die Prismen, über die Zahl welcher ich früher in allen meinen Mittheilungen kein Wort gesagt habe, weil dies für die Physiologie des Organs, welche ich als Hauptzweck betrachtete, gleichgültig war.

Ausser der Zählung der sämmtlichen Prismen suchte ich auch die Zahl der äussersten die ganze Peripherie des Organs umgebenden Prismen zu bestimmen. Wäre Hrn. Weyl's Voraussetzung richtig, dass beim Wachs-

thum des Fisches neue Prismen an der Peripherie sich bilden, dann würde auch die Zahl der äussersten peripherischen Prismen bei erwachsenen Fischen im Vergleich mit jungen bedeutend grösser sein; aber aus früherer Erfahrung weiss ich, dass diese Zahl beinahe dieselbe bleibt. Ich fand nämlich bei einem Fisch von 10^{cm} Länge 84, bei einem anderen von 22^{cm} 88, beim dritten von 38^{cm} 84 Prismen.

Jetzt können Sie urtheilen, ob ich ein Recht hatte zu sagen, dass die Zahl der elektrischen Elemente bei kleinen und grossen Fischen dieselbe bleibt. Damit will ich aber gar nicht bestreiten, dass die Zahl der Prismen oder eigentlich Felder bei Erwachsenen nicht etwas grösser erscheinen kann, als bei den Jungen. Bei genauer Untersuchung des elektrischen Organs kann man hier und da ganz entwickelte, aber unvollkommene Prismen finden, welche z. B. an der Bauchseite mit ihren Enden zu Tage kommen, die dorsale Oberfläche aber nicht erreichen, und umgekehrt. Denken wir jetzt, dass die unvollkommenen Bauchprismen mit der Zeit beim Wachsen des Organs auf der dorsalen Fläche, die unvollkommenen Dorsalprismen mit der Zeit auf der Bauchfläche zu Tage treten, so muss dadurch freilich die Zahl der Felder auf beiden Oberflächen zunehmen. Unglücklicherweise aber kann ich wegen ungenügender Erfahrung nicht behaupten, dass solche unvollkommenen Prismen bei allen Fischen und in grosser Zahl zu finden sind; dass dieselben aber bei Embryonen im vorderen Viertel des Organs oft anzutreffen sind, ist sicher. Die mögliche Verlängerung der Prismen geschieht freilich auch hier ohne Anlagerung von neuen elektrischen Platten, so dass ich nochmals wiederhole, dass nach vollendeter Bildung der elektrischen Organe bei Torpedo keine neuen elektrischen Elemente entstehen.

Es fragt sich aber, wann neue elektrische Elemente sich zu bilden aufhören, und welche Merkmale die vollkommene Ausbildung derselben begleiten. Als die äusserste Grenze für die Neubildung stelle ich die normale Geburt des Fischchens hin. Ich sage normale, denn Torpedo ist sehr geneigt, auch noch unreife Embryonen auszustossen. Als äussere Merkmale stelle ich hier vollständiges Verschwinden des Dottersacks, gut ausgeprägte Pigmentbefleckung des Fischchens hin; demnächst die bestimmte Form des ganzen Organs, an die des menschlichen Ohres erinnernd. Die Grösse des Thierchens kann nicht als Merkmal dienen. Als inneres und wichtigstes Merkmal stelle ich hin, dass jedes elektrische Element schon *en miniature* alle Bestandtheile besitzt, welche der grosse Fisch aufweist.

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrgang 1881—82.

XIV. Sitzung am 14. April 1882.[1]

1. Hr. Schiffer hielt den angekündigten Vortrag: „Ueber das von dem verstorbenen Dr. Sachs vom Orinoco mitgebrachte Guachamakagift.[2]

2. Hr. Dr. v. Ott aus Petersburg las als Gast folgende Mittheilung, enthaltend die Ergebnisse von Versuchen, die er auf Vorschlag und unter Beirath des Hrn. H. Kronecker in der speciell physiologischen Abtheilung des physiologischen Instituts angestellt hat.

Nachdem durch meine am 25. November 1881 in dieser Gesellschaft mitgetheilten Versuche erwiesen war, dass auch die Milch ihre Nährkraft für das Froschherz ihrem Gehalte an Serumalbumin verdankt,[2] ging ich an die Lösung meiner eigentlichen Aufgabe: den Ort zu bestimmen, wo die Eiweisskörper der Nahrungsmittel in Serumalbumin umgewandelt werden. Hr. Martius hat schon gezeigt, dass der Inhalt des Ductus thoracicus das Froschherz gut ernährt.[4] Nun galt es, die Gliederlymphe auszuschliessen. Dieses geschah so, dass die Cysterna chyli in den Ductus thoracicus ausgepresst wurde, darauf der Darm — auch bei verbluteten Thieren — massirt, wodurch die Cysterna chyli wieder gefüllt wurde, ohne die Glieder zu bewegen. Auch diese Lymphe ernährt das Froschherz.

Nun wurde der Darminhalt selbst geprüft, nachdem er auf den passenden Salzgehalt und möglichst schwachen Alkalescenzgrad gebracht war: Auch der Darminhalt ernährte das Froschherz. Zuweilen wirkte der Darminhalt

---

[1] Ausgegeben am 12. Mai 1882.
[2] *Dies Archiv*, 1877. S. 91.
[3] *Ebenda*, 1881. S. 569.
[4] *Ebenda*, S. 474.

daneben recht schädlich; dann waren Gallenbestandtheile darin in beträchtlichen Mengen nachzuweisen. — Endlich wurde auch der neutralisirte Mageninhalt geprüft und auch dieser hob die Leistung des zuvor erschöpften Herzens, und zwar war diese Nährflüssigkeit sowohl im Kaninchen- als im Hundemagen enthalten.

Auch nachdem aller Mageninhalt mit einer erwärmten 0·6 procentigen Kochsalzlösung ausgewaschen war, so dass die für etwa $^1/_4$ Stunde im Magen gehaltene Spülflüssigkeit keinerlei ernährenden Eiweisskörper mehr enthielt, wurde die für gleiche Zeit im Magen gehaltene Peptonlösung in Nährflüssigkeit umgewandelt.

Es wurde nunmehr nochmals ausführlich nachgewiesen, dass bei der künstlichen Verdauung ausserhalb des Thierkörpers sich niemals ein ernährender Eiweisskörper bildet, zumal dass keinerlei Pepton ernährend wirksam ist.

Nunmehr wurde gezeigt, dass in dem ernährenden Mageninhalt, wenn er ausserhalb des Thierkörpers sich weiter verdaut, die Nährkraft vernichtet wird.

Endlich wurde gezeigt, dass Serum, welches durch Pepsin und Salzsäure verdaut, seine Nährfähigkeit eingebüsst hatte, in den lebenden Magen gebracht wiederum nährkräftig wird.

So scheint also bewiesen zu sein, dass aus allen Eiweisskörpern (auch der pflanzlichen) im Darmcanale, ja sogar selbst im Magen Serumalbumin, d. h. ein das Muskelgewebe leistungsfähig machender Eiweisskörper gebildet wird.

Damit soll keineswegs behauptet werden, dass die eingeführten Eiweisskörper im Darm vollkommen in Serumalbumin übergeführt werden.

Um diese Behauptung zu prüfen, verglich ich die Gewichtsverhältnisse eines Hundes, der abwechselnd durch subcutane Seruminjectionen und durch Serum-Verzehren ernährt wurde. Er nahm mehr an Gewicht ab, wenn er gleiche Mengen frass, als wenn er sie in die Lymphwege aufnahm. Dies stimmt mit der von Tschirjew unter Leitung von C. Ludwig (1874) gefundenen Thatsache, dass die Blut verdauenden Hunde mehr Stickstoff durch den Harn ausscheiden, als diejenigen welche gleiche Mengen Blut durch Transfusion erhalten haben.

3. Hr. Adamkiewicz (a. G.) sprach über die Vascularisationsverhältnisse des menschlichen Rückenmarkes und über die Beziehungen, in welchen die Degenerationsvorgänge der Tabes zu dem Gefässverlaufe in den Hintersträngen des Rückenmarkes stehen. Die ausführliche Arbeit ist soeben im Novemberheft 1881 der *Wiener akademischen Sitzungsberichte*, math.-naturwissenschaftliche Classe, Bd. LXXXIV, erschienen.

Derselbe berichtete alsdann über einen eigenthümlichen Befund im Rückenmark eines 16 jährigen Knaben. Der Befund ist für die Lehre von der secundären Degeneration und von den Beziehungen der normalen Form von Nervenfasern und Ganglien zu ihrer Function von Interesse. Gerade in der Halsanschwellung an der Ursprungsstelle eines grossen Theils des Plexus brachialis hatte sich aus der Neuroglia der grauen Substanz ein Tumor gebildet, der an der bezeichneten Stelle die weisse und die graue Substanz auf einen kleinen Bruchtheil ihres normalen Volumens zusammengedrückt hatte.

Die multipolaren Ganglien der Vorderhörner hatten ihre gewöhnliche Form vollkommen verloren, waren auf etwa den 27. Theil ihres gewöhnlichen Volumens zusammengeschrumpft und sahen aus, wie die Spindeln von Bindegewebs- oder glatte Muskelzellen. — Trotzdem bestanden während des Lebens nicht die geringsten Anomalien in den Functionen des Armes, welcher der Seite des Tumors entsprach.

Der Tumor hatte eine Länge von etwa 3 ^{cm} und war, trotzdem er aus der grauen Substanz (Neuroglia) hervorging, nicht ein sogenanntes Neurogliom, sondern ein wahres Sarcom.

XV. Sitzung am 5. Mai 1882.[1]

1. Hr. J. SANDER theilte die Resultate von Versuchen mit, welche er in der speciell physiologischen Abtheilung des hiesigen physiologischen Instituts unter Mithülfe von Hrn. H. Kronecker angestellt hat: „Ueber die Verbreitung der Gefässnervencentren."

Manche auch von Hrn. Nicolaides gemachte Erfahrungen deuteten darauf hin, dass während der Reizung der Medulla oblongata häufig verschiedene Blutgefässgebiete sich zu verschiedenen Zeiten verengten. Die Druckcurve stieg oft in zwei Absätzen, und da dies unabhängig von der Reizstärke geschah, war nicht anzunehmen, dass etwa die Verengung desselben Gebietes stufenweise erfolgt. Es blieb nun zu untersuchen, ob diese Erscheinung ihren Grund darin habe, dass vom Hauptgefässnervencentrum, wie es Owsjannikow und Dittmar unter C. Ludwig's Leitung in der Medulla oblongata abgegrenzt haben, die Fortpflanzung der Reizung auf die Nebencentren so langsam erfolge, dass sie nacheinander in Action treten, oder ob ein Centrum grössere Reizsummen braucht, bevor es in Action tritt, als ein anderes, oder ob endlich die Endbezirke verschiedene Latenzzeiten beanspruchen. Zur Entscheidung zwischen diesen Alternativen wurden die Reizungen an verschiedenen Stellen der gefässerregenden Centren und Bahnen combinirt.

Nachdem den zu den Experimenten gebrauchten Hunden, Katzen und Kaninchen das Mittelhirn von der Medulla oblongata abgetrennt worden war, prüften wir den Einfluss, welchen intermittirende elektrische Reizungen, entweder einzeln dem verlängerten Mark, dem Rückenmarkscentrum in der Höhe der Splanchnicuswurzeln und den unversehrten Splanchnicis applicirt, oder combinirte Reize dieser Centren und Nerven auf den Blutdruck ausübten.

Es stellte sich heraus, dass häufig die maximale Reizung eines Centrums, sowohl desjenigen in der Medulla oblongata, als auch desjenigen im Rückenmark allein genügte, um das Maximum des Blutdruckes zu erzielen. Häufig aber geschah es auch, dass man nur durch gleichzeitige Reizung beider Centren die maximale Steigerung des Druckes erreichen konnte. Ja, wir haben sogar wiederholt gesehen, dass die gesonderte Reizung einzelner Centren den Blutdruck fast gar nicht steigerte, während die combinirte zweier sehr erheblichen Erfolg hatte.

---

[1] Ausgegeben am 12. Mai 1882.

Hieraus ist zu schliessen, dass nicht stets alle Gefässgebiete von einem Centrum aus zu beherrschen sind, sondern dass nur eine lockere Verbindung zwischen denselben besteht, welche durch mannigfache Umstände, wie Ermüdung u. s. w. gestört werden kann, so dass sich dann die einzelnen Bezirke so unabhängig darstellen, wie etwa die einzelnen Glieder gegen Reflexerregungen von der Haut aus. Dort können unter Umständen auch weit verbreitete, ja selbst allgemeine Krämpfe ausgelöst werden, während in anderen Fällen die Erregung auch bei stärksten Reizen auf die gereizte Extremität beschränkt bleibt. Jedenfalls ist es auffällig, dass von dem verlängerten Mark aus, auch wenn die Elektroden bis in den Anfangstheil des Rückenmarkes geschoben werden, oft keine maximalen (allgemeinen) Gefässcontractionen ausgelöst werden.

Die stufenweise Blutdruckssteigerung fand sich aber auch in den Fällen combinirter Reizung von zwei Stellen aus, ist daher nicht durch die ersten beiden der drei oben erwähnten Alternativen zu erklären. Es scheint also die dritte Erklärung die annehmbarste, dass die peripheren Gefässnervengebiete verschiedene Zeit vom Anfang der Reizung ab zur Contraction beanspruchen.

Strychnin steigert, wie für die Reflexe der willkürlich beweglichen Gebiete, so auch für das Gefässgebiet die Erregbarkeit, so dass kleinere Reize genügen, einen grossen Effect auszuüben. Ob die chemischen Reize für sich, weil sie allgemein angreifen, auch höhere Wirkungen ergeben, wollen wir noch experimentell untersuchen.

XVI. Sitzung am 19. Mai 1882.[1]

Von Hrn. Prof. W. Winternitz in Wien ist folgende „Entgegnung auf Zuntz's Kritik über seine calorimetrische Methode“ eingegangen.

Hr. Zuntz gab in der Sitzung der Berliner physiologischen Gesellschaft vom 24. Februar 1882 eine Kritik meiner Arbeit: „Ueber die Bedeutung der Hautfunction für Körpertemperatur und Wärmeregulation“ (*Wiener medicinische Jahrbücher* 1873. Hft. 1). Aus dem mir zugänglichen Referate — (*Diese Verhandlungen* 1882. Nr. 11.[2]) — entnehme ich, dass Zuntz die von mir angegebene und benützte Methode für so fehlerhaft erklärt, dass sie jede Verwerthung ausschliesse. Eine Verwerthung derselben im Zuntz'schen Sinne, dass muss ich wohl zunächst hervorheben, war nie in meiner Absicht gelegen.

Hr. Zuntz übersieht nämlich, dass die von mir geübte Methode der Prüfung der Wärmeabgabe von einer circumscripten Hautstelle nur die Aufgabe haben konnte, durch den Versuch direct, ohne alle weitere Berechnung, zu zeigen, dass die Wärmeabgabe von der Haut unter bestimmten Bedingungen in sehr weiten Grenzen wechselt, in viel weiteren als dies gemeinhin von den Anhängern einer einseitigen Wärmeregulations-Theorie angenommen wurde.

Wenn trotz der groben Fehlerquellen dieser Methode, die ich nie verkannt habe, die Höhe der Erwärmung eines gemessenen Luftraumes von einer gemessenen Hautfläche aus, unter verschiedenen Bedingungen, eine sehr wechselnde ist; wenn die Fehlerquellen der Methode, wie Zuntz selbst hervorhebt, zumeist

---

[1] Ausgegeben am 7. Juli 1882.

[2] S. oben S. 122.

das gefundene Resultat verkleinern müssten; so wäre daraus wohl nur der Schluss zu ziehen, dass nach dieser Untersuchungsmethode die Bedeutung der Hautfunction noch bedeutend unterschätzt worden sei. Keinem unbefangenen Leser meiner Arbeit konnte es wohl beifallen, die Methode der Messung der Wärmeabgabe von einer 15$^{\square cm}$ grossen Hautstelle gestatte die Berechnung der absoluten Grösse des wirklichen Wärmeverlustes von der ganzen Körperoberfläche, nachdem, abgesehen von allem Anderen, ich ja selbst den Nachweis geführt habe, dass die gleichzeitige Wärmeabgabe von verschiedenen Körperstellen, bis um 50 $^0/_0$ und mehr, nach auf- und abwärts von einander abweichen könne.

Es ist kaum anzunehmen, dass man aus den, in der betreffenden Arbeit ausgeführten Berechnungen, etwas Anderes herauslesen könne, als die Möglichkeit eines so grossen oder so geringen Wärmeverlustes unter den mitgetheilten Bedingungen.

Wenn Zuntz an meiner Berechnungsmethode die eingeführte Grösse der Wärme-Capacität der Luft bemängelt, so muss er in dieser Beziehung mit den Physikern, die diesen approximativen Mittelwerth festgestellt, rechten. Meine Schlüsse über die Bedeutung der Hautfunction für Körpertemperatur und Wärmeregulation, die ich seither durch mannigfache experimentelle und klinische Thatsachen noch fester zu stützen vermochte, sind durch Zuntz's Kritik, so weit mir diese bekannt, nicht erschüttert worden.

XVIII. Sitzung am 16. Juni 1882.[1]

Hr. N. Zuntz hält den angekündigten Vortrag „über die Bedeutung der Amidsubstanzen für die thierische Ernährung:

Die Angaben von Weiske (*Zeitschrift f. Biologie* XV. S. 261) welche in jüngster Zeit von demselben Forscher erweitert wurden, (*ebenda* XVII. S. 415 u. f.) haben entgegen dem, was bisher allgemein geglaubt wurde, gezeigt, dass Asparagin die Fähigkeit besitzt, die Eiweisszersetzung im Thierkörper zu beschränken, ja sogar, dass dasselbe in Verbindung mit Leim im Stande ist ein Thier bei eiweissfreiem Futter lange Zeit auf constantem Gewicht und gesund zu erhalten. — Die überraschenden Ergebnisse forderten dringend zu einer Nachprüfung auf, die wenn sie bestätigend ausfiel eine ganze Reihe weiterer wichtiger Fragen wachrief. — Diese Prüfung hat Hr. Bahlmann im thierphysiologischen Laboratorium der landwirthschaftlichen Hochschule übernommen und unter Leitung von Dr. Lehmann und des Ref. ausgeführt.

Zwei vergleichende Versuchsreihen an jungen Kaninchen ergaben zunächst, dass bei Darreichung von Asparagin der Eiweissverlust eines mit stickstofffreier Kost gefütterten Thieres erheblich vermindert wird. — Als stickstofffreie Kost wurde Reisstärke gewählt, welcher die Spuren vorhandenen Eiweisses durch 48 stündige Digestion mit Pepsin und Salzsäure bei Körpertemperatur, und nachfolgendes Waschen bis zum Verschwinden der Chlorreaction entzogen waren. Auf 13^{grm} dieser Stärke kommen 2^{grm} weisser Candiszucker und 2^{grm} als stickstofffrei befundenes Olivenöls, 0.33^{grm} neutral reagirende Asche von Heu und Weizen und 0·09^{grm} ClNa. — Diesem stickstofffreien Futter wur-

---

[1] Ausgegeben am 7. Juli 1882.

den 1.5 ^{grm} Asparagin zugesetzt. Heudestillat und verschiedene ätherische Oele dienten dazu, die Thiere zu grösserer Futteraufnahme zu bewegen. Das Futter wurde mit Wasser zu einem Brei angerührt und dann in Glasröhren einer Kältemischung ausgesetzt; es stellte danach eine gleichmässige, feste, leicht in Stücke zu zerbrechende Masse dar, welche die Thiere gern aufnahmen und mit der sich leicht hantiren liess.

Die Resultate waren, dass der Stickstoffverlust vom Körper der Asparaginthiere (bestimmt durch Subtraction des Stickstoffs der Nahrung von dem des Harns und Kothes) bezogen auf die Einheit der Zeit und des Körpergewichts in der einen Reihe 71·8 %, in der anderen 72·1 % des Stickstoffverlustes der Controlthiere betrug. — Es sollte nun weiter untersucht werden, ob anderen Amidkörpern ähnliche Wirkungen zukommen, namentlich aber, ob vielleicht Combinationen von solchen Köpern verschiedener Constitution, welche gewissermaassen verschiedenartige Bruchstücke des complexen Eiweissmolecüls darstellen, noch stärkere Sparwirkungen bedingten oder gar, wie dies Weiske von Leim und Asparagin, früher Escher von Leim und Tyrosin angegeben hatten, das Eiweiss in der Nahrung vollständig vertreten könnten. — Neben den Asparaginfütterungen wurde deshalb jedesmal eine dritte Fütterungsreihe durchgeführt. Das eine Mal wurden aus naheliegenden Erwägungen dem vorher-genannten Asparaginfutter noch 0·1 ^{gr} Tyrosin, 0·05 ^{gr} Taurin und 0.05 ^{gr} Guanidinsulfocyanat zugesetzt. Das Resultat war eine erhebliche Steigerung des Eiweisszerfalls um 156 % gegenüber den stickstofffrei gefütterten Thieren. —

Bei der zweiten Reihe wurde ein Theil des Asparagins durch das Gemisch von krystallisirten Körpern, das bei der Pankreasverdauung von Fleisch nach Ausfällung des Peptons resultirt, ersetzt. Leider war das benutzte Präparat sehr ammoniakhaltig und dies war wohl der Grund, weshalb es ebenfalls den Eiweisszerfall gegenüber reiner Asparaginfütterung steigerte. Die wie oben berechnete Stickstoffausfuhr des Körpers war um 1·7 % gegenüber stickstofffreier Nahrung vermehrt. Die Steigerung des Eiweisszerfalls durch Ammoniaksalze, Glycocoll, Sarkosin, Benzamid ist längst bekannt, die Resultate der letzten Reihen liefern neue Belege für diese Thatsache.

Weitere Untersuchungen müssen lehren, ob hier durchgreifende Unterschiede zwischen den im Radical, den im Carboxyl und den an beiden Orten durch NH_2 an Stelle eines H substituirten Säuren sich finden, oder ob die Natur der letzteren für die Wirkung im Körper bestimmend ist. —

Weiterhin wurden einige mehr qualitative Versuche angestellt, welche aber, da die Versuchsthiere bisher in keinem Falle bei eiweissfreier stickstoffhaltiger Kost zu einem unverkennbaren Ansatz von Fleisch gebracht werden konnten, von geringerer Bedeutung sind. Nur noch eine Versuchsreihe an sechs jungen Hunden sei erwähnt, in welcher drei Thiere eine stickstofffreie Mischung von Fett, Stärke und Zucker unter Zusatz von Fleischextract, die drei anderen dieselbe Mischung mit den Salzen des Extractes erhielten. Es wurde gesorgt, dass beide Gruppen gleiche Futtermengen aufnahmen. Nur Anfangs erschienen die Fleischextractthiere munterer, schliesslich gingen beide Gruppen fast genau zur selben Zeit zu Grunde. — Das Fleischextract erhöht also nicht den Nährwerth der zugleich gegebenen stickstofffreien Substanzen, scheint den Eiweissverlust vom Körper nicht zu beschränken.

Eine ausführliche Darlegung der Ergebnisse wird Hr. Bahlmann demnächst in seiner Dissertation geben.

XIX. Sitzung am 30. Juni 1882.[1]

1. Hr. G. Salomon hielt den angekündigten Vortrag: „Beiträge zur Chemie des Harns“.

Während das Xanthin seit Scherer's Untersuchungen allgemein als ein normaler Bestandtheil des Harns anerkannt wird, besteht über das Vorkommen von Hypoxanthin in demselben noch keine völlige Sicherheit. Nach E. Salkowski[2] findet sich im normalen Urin allerdings ein dem Hypoxanthin sehr nahestehender Körper, der sich aber in einigen Punkten doch so merklich vom gewöhnlichen Hypoxanthin unterscheidet, dass Salkowski Bedenken trägt, ihn ohne Weiteres mit diesem zu identificiren. Die unterscheidenden Merkmale des „hypoxanthinähnlichen Körpers“ gegenüber dem Hypoxanthin sind: makroskopische Krystallform, grössere Differenz der Löslichkeit in kaltem und heissem Wasser und Bildung einer amorphen, nicht einer krystallisirten Verbindung mit salpetersaurem Silber.

Es bestand indessen, wie auch Salkowski selbst hervorhebt, immerhin die Möglichkeit, dass bei Darstellungen in grösserem Maassstab diese Unterschiede sich als zufällig und unwesentlich erweisen würden. Ich habe, um hierüber Gewissheit zu erlangen, den hypoxanthinähnlichen Körper nach Salkowski's Verfahren aus 500 Litern Harn dargestellt und bin in der That zu dem Ergebniss gelangt, dass der hypoxanthinähnliche Körper höchst wahrscheinlich mit dem Hypoxanthin identisch ist. Mein Präparat zeigte allerdings makroskopische, bis zu 2^{mm} lange, zu Drusen und Büscheln vereinigte Krystalle; die Verbindung mit salpetersaurem Silber war jedoch, wie beim normalem Hypoxanthin, krystallisirt, und die heiss bewirkte Lösung blieb, gleichfalls dem Verhalten des gewöhnlichen Hypoxanthins entsprechend, beim Erkalten klar.

Das Xanthin erhielt ich aus dem Filtrat vom salpetersauren Silber-Hypoxanthin in Form einer gelatinirenden, aus mikroskopischen Krystallen bestehenden Masse. Die Krystallformen waren allerdings ziemlich unvollkommen ausgebildet; theils waren es kleine Stachelkugeln vom Aussehen des harnsauren Ammoniaks, theils grössere glatte Kugeln, die beim Druck mit dem Deckglase in radiär gestreifte Sectoren zersprangen. Immerhin ist dieser Befund von einigem Werth, da das Xanthin bisher als völlig amorph galt.

Gleichzeitig mit den blättrigen Massen des rohen Xanthins schieden sich zahlreiche Büschel grosser glänzender Krystalle ab. Nachdem dieselben durch eine vorläufige Untersuchung als organisch erkannt worden waren, wurde behufs ihrer Reingewinnung der gesammte Niederschlag durch Verdünnen und Anwärmen wieder in Lösung gebracht und die klare Flüssigkeit vorsichtig eingedampft. Sehr bald fiel nun das gesammte Xanthin in Pulverform heraus und aus dem weiter eingeengten Filtrat erhielt ich die ihm beigemengte Substanz in schönen sechsseitigen tafelförmigen Krystallen. Ich habe diesem Körper, dessen Vorhandensein im Harn bisher nicht bekannt war, vorläufig den Namen „Paraxanthin“ beigelegt. Selbstverständlich gebe ich diese Bezeichnung, die nur zur besseren Verständigung dienen soll, mit allem Vorbehalt. Erst wenn Analysen des Körpers vorliegen, für die es bisher noch an Material fehlt, kann es sich

---

[1] Ausgegeben am 7. Juli 1882.

[2] *Archiv für pathologische Anatomie.* Bd. L. S. 174.

entscheiden, ob der Name beizubehalten oder vielleicht durch den einer bekannten Verbindung zu ersetzen ist. — Das Paraxanthin zeichnet sich vor den bisher bekannten Xanthinkörpern, mit denen es ohne Zweifel nahe verwandt ist, durch seine Krystallisationsfähigkeit aus. Hr. Privatdocent Dr. Arzruni, Custos am mineralogischen Museum, hat auf meine Bitte eine krystallographische Untersuchung des Paraxanthins vorgenommen und mir gütigst folgende Notizen mitgetheilt: „Die Krystalle gehören, auf Grund einer optischen Untersuchung, dem monosymmetrischen Systeme an. Ihr Habitus ist tafelartig durch die vorherrschende Entwicklung einer Querfläche, neben der als besonders constant auftretende Form ein Prisma erscheint, dessen spitzer von der Symmetrieebene halbirter Winkel oft durch eine andere Querfläche gerade abgestumpft wird, so dass die Tafeln einen hexagonalen Querschnitt erhalten, dessen zwei an der Symmetrieaxe gelegene Winkel ca. $95^1/_2{}^0$ betragen. — Demnach würde die Gestalt der Krystalle als eine Combination von (001), (110) und oft ganz untergeordnet auftretendem (100) aufzufassen sein. Letztere Form fehlte an vielen Krystallen, besonders an solchen, die dickere Tafeln oder kurze Säulchen bildeten, gänzlich. — Die optischen Eigenschaften der Krystalle sind noch nicht eingehender geprüft worden. Es konnte bloss festgestellt werden, dass die Ebene der optischen Axen mit der Symmetrieebene zusammenfällt und dass durch die Fläche (001) nur ein Büschel sichtbar ist, also die Axen ausserhalb des Gesichtsfeldes sich befinden“.

Das Paraxanthin enthält Stickstoff, dagegen keinen durch Kochen mit alkalischer Bleilösung nachweisbaren Schwefel. Es schmilzt erst bei ca. 270^0 und erstarrt beim Abkühlen zu einer glasigen Krystallmasse. Stärker erhitzt verbrennt es ohne Rückstand. In kaltem Wasser löst es sich sehr schwer, leichter in heissem; die Lösung reagirt neutral. Die gewöhnliche Xanthinprobe mit Salpetersäure und Natronlauge fällt selbst auf freiem Feuer und bei Anwendung rauchender Salpetersäure nur sehr schwach aus; dagegen erhält man bei der Weidel'schen Reaction (Eindampfen mit Chlorwasser und einer Spur Salpetersäure, Hineinbringen in eine Ammoniakatmosphäre) eine schön rosenrothe Färbung. Mit salpetersaurem Silber giebt das Paraxanthin sowohl in salpetersaurer wie in ammoniakalischer Lösung eine flockige oder auch gelatinöse Fällung, die, in warmer Salpetersäure gelöst, beim Erkalten in schönen makroskopischen Krystallbüscheln herausfällt. Pikrinsäure erzeugt in der salzsauren Lösung des Paraxanthins einen reichlichen, aus dicht verfilzten gelben Krystallflittern bestehenden Niederschlag. Ammoniak, Salzsäure, Salpetersäure lösen das Paraxanthin auf; die beiden letztgenannten Mineralsäuren bilden mit ihm krystallisirende Salze. Charakteristisch ist sein Verhalten beim Zusatz von Natronlauge. Während letzteres Reagens das Guanin, Xanthin und Hypoxanthin leicht löst und in Lösung erhält, erzeugt es in concentrirten Paraxanthinlösungen Niederschläge, die aus langen glänzenden Krystallflittern bestehen. Die letzteren zeigen sich unter dem Mikroskop als sehr zarte, rechteckige, schmalere und breitere, häufig von longitudinalen Rissen durchsetzte Tafeln; zwischen ihnen verstreut findet man gewöhnlich eine geringe Anzahl sehr schön ausgebildeter gleichseitiger hexagonaler Tafeln, die ungemein an die Formen des Cystins erinnern. Diese Niederschläge lösen sich leicht bei Zusatz von ein wenig Wasser, noch leichter bei gleichzeitigem Anwärmen, fallen aber nach dem Erkalten sehr bald wieder aus. Das Paraxanthin wird ausserdem noch gleich den vorher erwähnten Xanthinkörpern gefällt durch Phosphorwolframsäure, durch essigsaures Kupferoxyd, durch Blei-

essig und Ammoniak; Sublimat und salpetersaures Quecksilberoxyd erzeugen dagegen keine Fällung.

Die obigen Untersuchungen, mit deren Vervollständigung ich beschäftigt bin, sind im Laboratorium des Hrn. Prof. E. Salkowski ausgeführt.

2. Hr. A. Baginsky hält den angekündigten Vortrag: „Zur Anatomie des Darmkanals des menschlichen Kindes“.

Von der praktischen Erfahrung ausgehend, dass Kinder, welche mit unpassender Nahrung (Amylaceen, zu reichen Mengen von Albuminaten) ernährt werden, namentlich in der ersten Lebensperiode nicht gedeihen, und angeregt durch die Fäcalanalysen von Forster, Wegscheider, Uffelmann, Biedert u. A. welche darauf hinführen, dass der Verdauungsapparat des Kindes wesentlich anders functionire, als derjenige der Erwachsenen, ging Verf. an die mikroskopisch-anatomische Durchforschung des Darmtractus der verschiedenen Altersstufen, von der Foetalperiode angefangen, bis zum vierten Lebensjahre, ob nicht verschiedene anatomische Anlagen die Differenzen der Function veranlassen.

Es stellte sich heraus:

1) Im Magen nimmt mit fortschreitendem Wachsthume die Länge der Drüsen und ihre Zahl zu.

2) Die Stärke der Muscularis mucosae nimmt dauernd zu.

3) Die Submucosa weist einen überaus grossen Zellenreichthum noch beim Neugeborenen auf, der continuirlich abnimmt.

4) Die Muskelwände des Magens nehmen mehr und mehr an Dicke zu und verflechten sich.

5) Die Unterschiede zwischen Beleg- und Hauptzellen der Magendrüsen sind schon im Magen des Neugeborenen erkennbar, indess nicht so absolut sicher wie dies von Thiermagen angegeben wird.

6) Im Duodenum ist die rapide Entwickelung der Brunner'schen Drüsen höchst auffällig.

7) Zotten und Falten nehmen bei der Entwickelung des ganzen Darmtractus beträchtlich zu.

8) Das Lymphgefässsystem, welches in der Submucosa und zwischen den beiden Muskelschichten des Darmkanals gelagert ist, hat bei dem Neugeborenen eine erhebliche Entwickelung, nimmt indess später ab, was namentlich daran kenntlich ist, dass das vollsaftige Endothel mit fortschreitendem Alter sich mehr abplattet.

Alles in Allem glaubt Verf., dass die Unterschiede in den Darmfunctionen der Kinder und Erwachsenen sich daraus erklären lassen, dass die Drüsen bei jungen Kindern noch rückständig und weniger leistungsfähig sind, als bei Erwachsenen, dass der resorbirende Apparat aber bei jenen besser entwickelt sei, als bei diesen.

XX. Sitzung am 14. Juli 1882.[1]

Hr. Brösike sprach unter Vorlegung von Präparaten: „Ueber die feinere Structur des normalen Knochengewebes.“

Die Erkenntniss von der cellularen Bedeutung der sogenannten Knochenkörperchen und ihrer Ausläufer ist alt. Während noch die alte Lehre Johannes Müller's dominirte, dass die Knochenhöhlen und Knochencanälchen „chalicophori“,

[1] Ausgegeben am 21. Juli 1882.

mit Kalk ausgefüllt, wären, behauptete schon im Jahre 1841 G. H. Mayer auf ganz bestimmte Weise, dass er im Knochen und im Cäment des Pferdezahnes Zellen gesehen habe, „in denen das Knochenkörperchen als Kern lag,“ und da er diese Knochenkörperchen mit den schon von Schwann in ihrer Bedeutung erkannten Knorpelzellen verglich, so ist man wohl berechtigt, ihn und nicht Donders als den ersten Pionier cellularer Doctrin für das Knochengewebe anzusehen. Dagegen gelang es zu allererst Virchow, die sogenannten Knochenkörperchen durch die Behandlung von frischem Knochen mittels Salzsäure als isolirte Gebilde darzustellen, welche dieser Forscher für richtige sc. protoplasmatische, sternförmig verästelte Zellkörper mit anastomosirenden Fortsätzen und eigenen begrenzten Wandungen erklärte, während er aus trocknen, macerirten Knochen keinerlei ähnliche Elemente isoliren konnte. Wie es angesichts dieses wichtigen Befundes natürlich war, traten nicht allein mannigfache Bestätigungen, sondern auch nicht minder häufige Zweifel oder Entgegnungen an die von Virchow gefundenen Thatsachen und ihre Deutung heran.

Unter den Bestätigungen sind so gewichtige Namen wie die von Hoppe, Gerlach, Brandt, Kölliker, Förster und Frey zu nennen, welche sich alle rückhaltlos den Virchow'schen Anschauungen anschlossen. Andere Untersucher, wie z. B. Aeby und Beale bestätigten diese Entdeckung mit der Modification, dass sie entweder durch Salzsäure oder durch die von Förster zuerst empfohlene Salpetersäure nicht sternförmig verästelte, sondern stets nur rundliche oder längliche Zellen von mehr eckiger Beschaffenheit isolirt hätten.

Eine andere Reihe von Forschern dagegen suchte die Isolirbarkeit von sternförmig verästelten Elementen nicht auf das Vorhandensein also gestalteter Zellen, sondern auf eine grössere Dichtigkeit der Knochensubstanz in der unmittelbaren Umgebung der Knochenkörperchen und ihrer Ausläufer zu beziehen, d. h. sie erklärten diese Elemente für Analoga der Knorpelkapseln. Ich übergehe Fürstenberg, welcher offenbar nur Kunstproducte und nicht die ebengenannten Knochenkapseln späterer Autoren durch verdünnte Schwefelsäure darstellte und abbildete und nenne als Vertreter der Kapseltheorie vor allen Dingen Rouget und Neumann, von denen der Erstere auf Grund eigener Untersuchungen zum ersten Male diese Theorie in klarer Form aufstellte, während der Letztere zwar das Verdienst genauerer Forschungen über diesen Punkt besitzt, aber darum doch nicht ganz mit Recht in sämmtlichen Handbüchern als der eigentliche Schöpfer dieser Theorie angeführt wird. Neumann fand bei seinen Untersuchungen mittels der eben erwähnten Isolationsmethoden im Gegensatz zu Rouget auch bei Embryonen die Knochenkapseln vor und stellt auch die von Virchow geleugnete Möglichkeit fest, aus lange macerirten Knochen, ferner aus Sequestern, Drechslerwaaren u. d. m. die bekannten sternförmigen Gebilde, selbst bei Anwendung sehr stark concentrirter Reagentien zu isoliren — nach seiner Ansicht ein stringenter Beweis gegen die protoplasmatische und für die Kapselnatur der Isolationsobjecte. Neue Untersuchungsmethoden wurden seitdem zur Entscheidung dieser Frage nicht herangezogen, ausgenommen von de Burgh-Birch, welcher mittels der Trypsinverdauung nach Zerstörung der Intercellularsubstanz die Lacunen mit ihren Canälchen „ausserordentlich schön“ darzustellen im Stande war. Auch fand er die letzteren in continuirlichem Zusammenhang mit einer kapselartigen Membran, welche die innere Fläche des ausgewachsenen Haversischen Canales bildet, und welche übrigens schon von Kölliker und Neumann vorher als eine Art von Scheide um die Blutgefässcanäle erkannt worden war.

Ueberblickt man den gegenwärtigen Stand der Dinge, so muss man sagen, dass auch noch heutigen Tages über die besprochene Frage weder Einigkeit noch Klarheit herrscht. Während Virchow, Kölliker und Frey noch heutigen Tages an ihren alten Ansichten festzuhalten scheinen, haben die Verfasser der meisten neuern Handbücher, wie z. B. Ranvier, Rollett, Orth die Theorie der Knochenkapseln, allerdings immer unter Berufung auf E. Neumann adoptirt. Wie wenig überzeugend indessen die Auseinandersetzungen des letzteren trotz ihrer sorgfältigen Ausführlichkeit gewirkt haben, geht wohl am besten daraus hervor, dass sich noch vor Kurzem die heutige grösste Autorität auf dem Gebiete der feineren Histologie des Knochens, V. v. Ebner, höchst zweifelnd über dieselbe aussprechen konnte. Aber nicht allein die Frage der Knochenkapseln, sondern auch die viel fundamentalere Controverse über die Gestalt und Beschaffenheit der protoplasmatischen Zellkörper des Knochens ist zur Zeit in keiner Weise entschieden, und man kann wohl sagen, dass noch heute auch über diesen Punkt kaum zwei Autoren derselben Ansicht sind. Als neu wäre noch die bisher allerdings nur bestrittene und von Niemand bestätigte Ansicht von Klebs anzuführen, dass die Knochenzellen ausgenommen an der Ossificationsgrenze und bei embryonalen Knochen überhaupt nicht von protoplasmatischen Körpern, sondern mit Kohlensäure angefüllt wären. Ein kurzer Blick auf Handbücher und Tagesliteratur zeigt ohne Weiteres, dass an dieser Stelle auf dem Gebiete der normalen Histologie noch immer eine dunkle Lücke existirt, deren Ausfüllung und Aufhellung mir um so verdienstlicher erschien, als diese Lücke an einem so wichtigen Punkte einschneidet. Ich werde im Folgenden versuchen, die Resultate dieser Untersuchungen in möglichst kurzer und gedrängter Form mitzutheilen, ohne mich irgend wie mit den Details aufzuhalten, indem ich die Publication der letzteren ausführlicher in dem Archiv für mikroskopische Anatomie folgen lassen werde. Um Missverständnissen in Betreff der Terminologie vorzubeugen, bemerke ich, dass ich unter „Knochencanälen“ stets die Haversischen Gefässcanäle, unter „Knochenlacunen“ oder „Knochenhöhlen“ die Räume, in welchen die protoplasmatischen Elemente des Knochens, die sogenannten Knochenkörperchen gelegen sind, endlich unter „Knochencanälchen“ die bekannten feinen hohlen, strahligen Ausläufer der Knochenlacunen verstehe, durch welche die letzteren unter sich und mit den Haversischen Canälen in Verbindung stehen. Unter dem Ausdruck „das Canalsystem des Knochens“ fasse ich die Haversischen Canäle, die Lacunen und die Knochencanälchen zusammen. Den Ausdruck „Knochenzellen“ werde ich möglichst zu vermeiden suchen, da man bei demselben zweifelhaft sein kann, ob damit die Knochenlacunen, oder die in denselben gelegenen protoplasmatischen Gebilde gemeint sind. Für die letzteren gebrauche ich die Bezeichnung der „Zellkörper des Knochens“ oder „Knochenkörperchen.“ Schliesslich werde ich schon jetzt an Stelle des Ausdrucks „die Knochenkapseln“ mich eines anderen, nämlich „die Grenzscheiden“ des Knochencanalsystems bedienen. Der Terminus „die Knochenkapseln“ präjudicirt, dass dieselben Analoga der Knorpelkapseln, d. h. eine verdichtete Schicht von Intercellularsubstanz vorstellen, während ich weiterhin nachweisen werde, dass die sogenannten Knochenkapseln mit den Knorpelkapseln durchaus nicht vergleichbar sind.

In erster Linie musste es meine Aufgabe sein, über die Existenz der Knochenkapseln oder Grenzscheiden den wirklich exacten Nachweis zu führen, der, wie ich hier nur kurz bemerke, bisher von Niemand, auch nicht von Neumann, in unanfechtbarer Weise erbracht ist. Wenn es mir gelang, einen ma-

cerirten Knochen zu finden, dessen gesammtes Canalsystem nachweislich völlig leer war, wenn es weiterhin glückte, dieses Canalsystem mit einer farbigen Masse zu füllen, die durch den nachfolgenden Isolationsprocess nicht zerstört wurde, und wenn es dann schliesslich möglich war, die farbige Füllungsmasse innerhalb einer farblosen Begrenzungsschicht zu isoliren, welche die Form des Knochencanalsystems reproducirte — dann schien mir der wirklich exacte Beweis erbracht zu sein, dass die isolirten Gebilde nicht solide Zellkörper, sondern ein hohles Röhrensystem repräsentirten, welches durch eine differente Schicht der Intercellularsubstanz gebildet war. — Ein solches sehr günstiges Object fand ich in einer menschlichen Tibia, die wohl zweihundert Jahre in der Erde gelegen hatte. Zur Füllung benutzte ich die Altmann'sche Methode der Oelinjection, und zur Färbung die Behandlung mit Ueberosmium- und Oxalsäure, über die ich schon früher im *Centralblatt f. d. med. Wissenschaften* eine kurze Mittheilung gemacht habe; zur Isolation der Grenzscheiden verwandte ich ein Gemisch aus Eisessig, Glycerin und Wasser, durch welches sich nach kurzem Kochen auf dem Sandbade die Grenzscheiden stets blass und ungefärbt, dagegen ihr eventueller protoplasmatischer oder fettiger Inhalt rothbraun oder schwarz in sehr schöner Weise darstellen lassen.

Vermittelst dieser Methode, die ich kurz als „Osmiummethode" bezeichnen will, konnte ich zunächst den unzweifelhaften Nachweis führen, dass in der That im Knochen, wie dies Rouget und E. Neumann richtig behaupteten, eine resistentere, wohl charakterisirte Schicht der Grundsubstanz vorhanden ist oder wenigstens vorhanden sein kann, welche die Canäle, Lacunen und Canälchen kapselartig oder scheidenförmig umhüllt und von der übrigen Intercellularsubstanz abgrenzt. Nachdem ich mich zur Evidenz von dem Vorhandensein dieser Grenzscheiden bei dem eben genannten und anderen Objecten überzeugt hatte, schien es mir weiterhin nothwendig, genauere Untersuchungen über ihre chemische Natur anzustellen. Ich prüfte zu diesem Zwecke eine Reihe von chemischen Substanzen, welche sich je nach ihrer Wirkungsweise auf die Grundsubstanz des Knochens und auf die Grenzscheiden desselben in vier verschiedene Kategorien eintheilen lassen. Die erste dieser Kategorien zerstört die Knochensubstanz nach kürzerer oder längerer Einwirkung, jedoch derart, dass die Grenzscheiden bedeutend später davon angegriffen werden, als die übrige Intercellularsubstanz, d. h. es gelingt durch dieselben, die Grenzscheiden zu isoliren. Ausser den, für diesen Zweck schon in Anwendung gezogenen Stoffen, der Salz- und Salpetersäure, ferner der Trypsinverdauung und der concentrirten Natronlauge erwähne ich kurz, dass es mir weiterhin gelang, denselben Effect der Isolation noch durch Essigsäure, ferner durch Oxalsäure, durch Kochen in Wasser, endlich auch durch die Pepsinverdauung zu erzielen. Weiterhin fand ich, dass eine zweite Reihe von Stoffen beides, Intercellularsubstanz und Grenzscheiden ziemlich gleich schnell zerstört, so dass es wohl gelingt, mittels derselben ein hinein gelegtes, natürlich entkalktes Knochenstück zum Zerfall, aber nicht die Scheiden zur Isolation zu bringen. Hierzu gehören concentrirte Schwefelsäure, die Eau de Javelle, endlich das Nickeloxydulammoniak, welche ich hauptsächlich in ihrer Wirkung auf den entkalkten Knochen prüfte. Eine dritte Art von chemischen Reagentien verhält sich überhaupt fast ganz indifferent. Unter der grossen Zahl derselben nenne ich nur den Schwefeläther, das Ammoniak und den Alkohol, welche selbst in stärkster Concentration keinerlei zerstörenden Einfluss äussern. Die vierte und für den Endpunkt wichtigste Kategorie von Stoffen zerstört endlich

die Grenzscheiden eher als die übrige Intercellularsubstanz; hier sind vor allem zu subsumiren die Kalilauge, ferner verdünnte Natronlösungen, weiterhin Lösungen von kohlensauren Alkalien und endlich die unbekannten und ziemlich complicirten Einflüsse der Maceration, von denen ich im Gegensatz zu Neumann behaupten muss, dass sie in den allermeisten Fällen nicht allein die eiweissartigen Elemente, sondern auch die Scheiden des Knochens vernichtet. Aus diesem Verhalten der letzteren lassen sich nun kurz folgende Schlüsse ziehen: Die Grenzscheiden können zunächst unmöglich eine verdichtete Schicht der Grundsubstanz in dem Sinne von Rouget und Neumann, ein Analogon der Knorpelkapseln darstellen, denn in diesem Falle erschiene es unbegreiflich, warum dieselben durch gewisse Reagentien schon zu einer Zeit zerstört werden sollten, wo die übrige, angeblich viel weniger dichte Grundsubstanz sich noch fast ganz normal verhält. Betrachtet man nun ihr chemisches Verhalten im Speciellen, so zeigt sich, dass dieselben eine so frapante Uebereinstimmung mit den chemischen Eigenschaften der Keratinstoffe zeigen, dass ich die Grenzscheiden weiterhin auch als Keratinscheiden bezeichnen werde. Eine Reihe von Controlversuchen, die ich am menschlichen Nagel ausführte, stand hiermit im besten Einklang. — Die Thatsache, dass sich Keratin im Knochen vorfindet, mag für den ersten Augenblick paradox erscheinen, allein es pflegen naturwissenschaftliche Thatsachen nur so lange paradox zu klingen, als man an denselben keinen Causalnexus mit schon bekannten Dingen auffinden, oder ihnen einen physiologischen Zweck unterlegen kann; und ich werde sogleich zeigen, dass die Grenzscheiden eine hohe physiologische Bedeutung beanspruchen dürfen. Schliesslich ist ihr Vorhandensein an und für sich in Nichts wunderbarer, als jene andere, schon früher gefundene Thatsache, dass sich in dem starren Knochengewebe elastische Fasernetze vorfinden — ein Factum, das ich mannichfach zu bestätigen Gelegenheit hatte. Es lag nun nahe, weitere Forschungen über die Frage anzustellen, ob sich diese eigenthümlichen Scheiden nun auch in jedem menschlichen Knochen vorfinden, wie E. Neumann u. a. behaupten, oder ob ihr Vorkommen an besondere Bedingungen der Localität, des Alters oder anderer Umstände geknüpft ist. Auch hierüber stehen bekanntlich die verschiedenen Autoren nicht in Uebereinstimmung; die Untersuchungen über diese Frage, welche ich wieder hauptsächlich mittels der Osmiummethode machte, ergaben zugleich vollen Aufschluss über die Gestalt und das Verhalten der Knochenkörperchen, d. h. der protoplasmatischen Zellkörper des Knochens. Die von mir untersuchten Objecte waren eine Reihe menschlicher Knochen von Individuen in den verschiedensten Lebensaltern, vom Embryo an bis hinauf zu einigen hundertjährigen Personen, deren Skelete sich als Raritäten in der Sammlung des hiesigen anatomischen Museums befinden. Hierbei kam ich zu folgenden Resultaten:

Das junge neugebildete Knochenkörperchen stellt einen sternförmig verästelten Zellkörper dar, welcher mit anderen seiner Art durch die zahlreichen Ausläufer zu einem continuirlichen protoplasmatischen Netzwerk verbunden ist. Eine Membran ist an ihm nicht mit Sicherheit nachzuweisen, ein Kern findet sich anfänglich vor, geht indessen bald zu Grunde, da es bei den Knochenkörperchen im Gegensatz zu den Knorpelzellen im weiteren Laufe ihrer Entwicklung weder auf die Erhaltung, noch auf die Vermehrung ankommt. Während jedoch diese sternförmigen Elemente bei Embryonen jüngeren Alters, ferner bei allen neugebildeten jungen Knochenschichten älterer Individuen, endlich anscheinend bei gewissen niederen Thieren, wie z. B. beim Frosch und Salamander den ausschliesslichen

Befund bilden, gehen sie mit zunehmendem Alter, bald schneller, bald langsamer, in ein anderes Stadium der Entwickelung über, welches dadurch charakterisirt ist, dass die Zellen ihre Ausläufer mehr und mehr verlieren und dadurch ein zackiges oder eckiges Aussehen annehmen. Zu gleicher Zeit werden sie an Volumen erheblich geringer, so dass sich zwischen ihnen und der Wand der Knochenlacunen immer ein sehr deutlicher Zwischenraum befindet. Dieses zweite Entwickelungsstadium endigt dann damit, dass die Knochenzellkörper ein glattes, rundliches oder spindelförmiges Aussehen annehmen. Weiterhin tritt der Lebenslauf des Knochenkörperchens in ein drittes Stadium, welches mit einer allmählichen fettigen Umwandlung seines Protoplasma beginnt. Hiermit geht Hand in Hand eine zunehmende Vergrösserung des vorhin so reducirten Zellkörpers, welche schliesslich so weit gehen kann, dass die ganze Knochenlacune mit fettigem Material wie ausgestopft erscheint. Dergleichen verfettete Knochenkörperchen fanden sich schon relativ früh vor, nämlich ausnahmsweise einmal bei einem älteren Embryo und in den ältesten Knochenschichten von Kindern in den ersten Lebensjahren. Das letzte Entwickelungsstadium beginnt alsdann mit einem Zerfall und anscheinend auch mit einer chemischen Umwandlung des fettigen Materials und endet damit, dass diese Umwandlungsproducte langsam wieder resorbirt und weggeschafft werden. Das Endresultat dieses letzten Stadiums des Entwickelungsprocesses sind alsdann völlig leere oder mit ganz unbedeutenden Körnchen oder Eiweisströpfchen gefüllte Knochenlacunen. Die Bestimmung der Knochenkörperchen besteht also offenbar nur in der Bildung des Knochens: nachdem sie dieselbe erfüllt haben, sind ihre Functionen kürzere oder längere Zeit nur auf ihre eigene Erhaltung gerichtet, bis sie in diesem Zustande der Inactivität allmählich der Degeneration und schliesslich dem völligen Untergange anheimfallen. Ihre Lebensdauer ist natürlich von den guten oder schlechten Ernährungsverhältnissen der betreffenden Knochenpartie abhängig, in welcher sie gelegen sind. Die von mir so genannten leeren Knochenlacunen, auf die ich gleich weiter zurückkomme, pflegen, übrigens immer neben anderen Entwickelungsstadien, gewöhnlich erst sehr spät, d. h. erst gegen Ende der dreissiger Jahre aufzutreten. Wenn ich sie als leer bezeichne, so verstehe ich darunter natürlich nur, dass sie keine flüssigen oder festen Bestandtheile in nennenswerther Menge enthalten: sie sind offenbar mit Gas gefüllt, und ich muss Klebs in der That darin beistimmen, dass dieses Gas nur die Kohlensäure sein kann, die sich ja auch nach den Untersuchungen von Setschenow fast ausschliesslich als freies Gas in den serösen oder lymphatischen Flüssigkeiten des Körpers vorfindet. Mit diesen Erscheinungen an den Knochenkörperchen ist nun die Bildung der Grenz- oder Keratinscheiden complicirt, welche sich jedoch nicht allein an der Innenwand der Knochenlacunen und Canälchen, sondern auch der Haversischen Canäle anbilden und somit nicht als ein Ausscheidungsproduct der Knochenkörperchen aufzufassen sind. Ihre Entstehung fällt immer erst in das von mir so genannte zweite Stadium der Entwickelung der Knochenkörperchen; weit später als bei den letzteren pflegen die Scheiden der Blutgefässe aufzutreten. Es scheint somit, als ob ein gewisses Alter der betreffenden Knochenschicht und eine gewisse Verlangsamung der Ernährungscirculation eine Vorbedingung für ihre Entstehung sind, und hiermit hängt es wohl zusammen, dass ich nicht im Stande war, dieselben bei Embryonen oder Kindern in den ersten Lebensmonaten mit Sicherheit nachzuweisen. Ihre Bedeutung kann jedenfalls nur darin liegen, dass sie die Aufgabe haben, der Gefahr einer Entkalkung vorzubeugen, wie sie durch die in

den Lacunen enthaltene Kohlensäure im Laufe der Zeit unzweifelhaft bewirkt werden müsste, wenn die Wand der Lacunen, Canälchen oder Canäle anstatt einer Hornsubstanz aus einer gewöhnlichen, wenn auch dichteren Knochenschicht in dem Sinne von Neumann gebildet wäre. Ohne die Keratinscheiden, welche von Kohlensäure nicht im Mindesten angegriffen werden, würde das Knochengewebe schon relativ früh nach allmählicher Auflösung seiner Kalksalze dem Untergange anheimfallen.

Ich muss es unterlassen, an dieser Stelle die Unregelmässigkeiten und Ausnahmen zu schildern, welche sowohl bei dem Verhalten der Keratinscheiden, wie der Knochenkörperchen vorkommen und bemerke nur noch kurz, dass ich eine Erklärung der von mir wahrgenommenen Erscheinungen nur an der Hand der Juxtapositionstheorie des Knochenwachsthums fand, während ich nirgends auf Thatsachen stiess, die mich zu der Annahme eines interstitiellen Wachsthums gezwungen hätten.

Zum Schluss erlaube ich mir, mit wenigen Worten die Resultate weiterer Untersuchungen über die Intercellularsubstanz des Knochens mitzutheilen, welche mich zwar auch ziemlich lange Zeit beschäftigt, aber im Wesentlichen nur zu Bestätigungen derjenigen Ansichten geführt haben, welche v. Ebner in seiner trefflichen Arbeit auf diesem Gebiet niedergelegt hat. Ich kann zunächst bestätigen, dass die Knochengrundsubstanz aus leimgebenden, nicht verkalkten Fibrillen zusammengesetzt ist, welche durch eine Kittsubstanz zusammengehalten werden, die die Knochenerde enthält. Als Methode zur Darstellung der Fibrillen benutzte ich mit vortrefflichem Erfolge ebenfalls die Färbung der Knochensubstanz mittels Osmium- und Oxalsäure, bei welcher die Kittsubstanz der Fibrillen sich carmoisinroth, dagegen die letzteren selbst sich immer ungefärbt zeigten. Ebenso konnte ich mich davon überzeugen, dass die Lamellen des Knochens nichts weiter sind, als der optische Ausdruck einer verschiedenen Verlaufsrichtung der Fibrillen, und dass die von Ebner so genannten Kittlinien denjenigen Stellen entsprechen, an welchen eine Anlagerungs- und eine Resorptionsfläche des Knochens aneinander stossen. Auch mit seinen Auffassungen betreffs der Sharpey'schen und der elastischen Fasern des Knochens, welche beide nicht mit den v. Ebner'schen Knochenfibrillen zu verwechseln sind, stehen meine Untersuchungen im besten Einklang.

Ich bemerke übrigens hierbei, dass sich die elastischen Fasern des Knochens bei Anwendung der Osmiummethode im Gegensatz zu den ungefärbten eigentlichen Knochenfibrillen gelb färben und natürlich auch auf diese Weise ebenso schön wie die Keratinscheiden isoliren lassen. Die wenigen Punkte, in welchen ich von Ebner abweiche, und in welchen ich ihn ergänzen konnte, gehen zu sehr in's Detail, als dass ich es wagen möchte, mich über dieselben hier auszulassen; doch will ich kurz erwähnen, dass es mir gelang, mittels meiner Methode im Knochengewebe neue Formen des Fibrillenverlaufs aufzufinden, welche die Ebner'sche Eintheilung in lamellöses, geflechtartiges und parallelfaseriges Knochengewebe nicht mehr als gerechtfertigt erscheinen lassen.

Berichtigung.

In Prof. Senator's Vortrag: „Zur Theorie der Harnabsonderung" in den „Verhandlungen" soll es oben S. 105, Z. 9 v. u. statt: „Unter Heidenhain's Leitung," heissen: „Unter Grünhagen's Leitung".

Die Zahl der Nervenfasern und der motorischen Ganglienzellen im Rückenmark des Frosches.

Von

E. A. Birge.

Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig.

(Hierzu Tafel XIV u. XV.)

Einleitung.

Der Grund, warum wir so wenig, selbst über die wichtigsten numerischen Verhältnisse der Elemente des Organismus wissen, liegt in den unvollkommenen Methoden, die uns seither zu Gebote standen. Stilling's Versuche, über die Zahlen der Elemente des Central-Nervensystems Aufklärung zu verschaffen, haben seither keine Weiterführung gefunden, weil die Hülfsmittel zu mangelhaft waren, um, selbst bei Aufbietung eines Riesenfleisses, sichere Resultate zu erzielen. Man begnügte sich unter diesen Umständen lieber mit rohen Schätzungen, welche freilich oft weitab fehlgriffen. Die Zählungen, welche man neuerdings an den Fasern des Sehnerven, sowie an einigen Spinalnerven vorgenommen hat, zeigen, dass die vervollkommneten Methoden uns dies Ziel unterdessen näher gerückt haben.

Die Methode der Durchtränkung der Präparate mit einer Masse, welche alle Elemente unter einander verbindet und allen eine gleiche Festigkeit verleiht, beseitigt eine der wesentlichsten Gefahren, die man bei einer Zählung der Elemente eines Organs zu fürchten hat, nämlich die, dass Elemente bei der Zerlegung desselben verloren gehen oder zerquetscht werden. Wir haben ferner in der Möglichkeit der Durchfärbung, in den so sicher und rasch arbeitenden Mikrotomen, ferner der übersicht-

lichen Ordnung der Schnitte auf dem Objectträger Hülfsmittel gewonnen, welche gestatten, in wenigen Monaten das auszuführen, wozu vor einem Jahrzehnt eine Lebenszeit nicht ausreichend erschienen wäre.

Für die Ausführung einer Zählung muss übrigens noch eine zweite Forderung erfüllt werden. Die Elemente müssen nicht bloss ohne Verlust unter das Mikroskop gebracht, sie müssen auch in einer Weise leicht erkennbar gemacht werden, dass das Auge nicht den mindesten Zweifel über sie empfindet. So leicht und rasch eine sichere Zählung von statten geht, so ermüdend, zeitraubend und falsch wird eine Zählung, bei der irgend eine Unsicherheit besteht, ob etwas mitgezählt werden soll oder nicht. In Bezug auf die Erfüllung dieser Forderung sind wir nicht so weit fortgeschritten als bei der ersteren und so bleibt die Auswahl der Elemente, die wir zählend bestimmen können, immer noch ziemlich beschränkt. Von Hrn. Dr. Gaule, unter dessen Leitung ich die vorliegende Arbeit unternahm, wurde ich aufmerksam gemacht auf zwei Elemente, welche die beiden genannten Forderungen erfüllen und gleichzeitig ein grosses Interesse darbieten, nämlich die markhaltigen Nervenfasern und die grossen Ganglienzellen der Vorderhörner des Rückenmarkes. Ich konnte nicht darüber im Zweifel sein, dass die Zählung am Frosch vorzunehmen sei. Der Frosch ist so sehr das Versuchsthier der Nervenphysiologie, dass die numerischen Constanten seines Nervensystems ein besonderes Interesse beanspruchen. Ausserdem hat er den unschätzbaren Vorzug, nicht zu gross zu sein, d. h. nicht zu viel Arbeit zu beanspruchen.

Der Werth, welchen man dem Resultate einer Zählung beilegt, hängt natürlich im höchsten Grade ab von dem Zutrauen zu seiner Zuverlässigkeit. Ich habe nach allen ausführbaren Controlen gestrebt, um mich über das Maass von Zuverlässigkeit meiner Resultate zu vergewissern. Die nahe Uebereinstimmung, welche ich bei gesonderter Zählung auf der rechten und linken Körperhälfte erhielt, scheint mir der sicherste Beweis, dass meine Methoden mit der erforderlichen Genauigkeit ausgestattet waren. Die Einzelheiten meines Verfahrens habe ich in den verschiedenen Abschnitten mit der Ausführlichkeit beschrieben, welche mir erforderlich schien, um einer Nachuntersuchung als Wegweiser zu dienen. Neuerungen von principiellem Werth enthält dasselbe zwar nicht, jedoch hat mich das Auffinden und Ueberwinden der Fehlerquellen eine Zeit und Mühe gekostet, die einem Anderen wohl erspart bleiben kann.

Die Zahlen, welche ich gefunden, geben natürlich, abgesehen von der Bedeutung, die sie an sich haben, auch Veranlassung zu einigen Schlüssen. Die wichtigsten unter denselben scheinen mir die folgenden: 1. Der Frosch besitzt ebensoviel Ganglienzellen in den Vorderhörnern der grauen Sub-Substanz, als Nervenfasern in den vorderen Wurzeln verlaufen. Jeder

motorischen Ganglienzelle entspricht also eine motorische Faser. 2. Im Allgemeinen liegen in dem einer Wurzel zunächst benachbarten Abschnitte des Markes ebensoviel Zellen, als die Wurzel Fasern erhält. Wo ein Individuum eine Unregelmässigkeit in der Vertheilung der Fasern auf den Wurzeln zeigt, findet sich auch eine entsprechende Unregelmässigkeit in der Vertheilung der Zellen. Es ist daher wahrscheinlich, dass die einer Nervenfaser zugehörige Ganglienzelle nicht weit von dem Eintritt der betreffenden Faser in das Mark entfernt liegt. 3. Die Zahl der Fasern, wie der Ganglienzellen variiren mit dem Gewichte, d. h. mit dem Alter des Frosches, und zwar findet von einem gewissen Minimalwerthe, der sich bei ganz kleinen Fröschen findet, aufwärts eine dem Gewichtszuwachs proportionale Zunahme an Ganglienzellen und Nervenfasern statt. Daraus folgt zweierlei: a) dass Fasern resp. Zellen neugebildet oder, um mich präciser und vorsichtiger auszudrücken, ausgebildet werden während des Lebens und b) dass ein gewisses Verhältniss stattfindet zwischen dem Gewicht der Musculatur und der Zahl der motorischen Nervenelemente. 4. Die Zahl der sensorischen Fasern ist bei demselben Frosch etwas grösser als die der motorischen. 5. Die beiden Wurzeln haben zusammengenommen dieselbe Zahl der Fasern wie der Stamm unmittelbar hinter dem Spinalganglion. Es findet also keine Vermehrung oder Verminderung in der Zahl der sensorischen Fasern bei dem Durchtritt durch das Ganglion statt.

Um hier nicht schon ins Einzelne einzugehen, verweise ich in Bezug auf die weiteren Resultate auf die Mittheilung der Untersuchung selbst, welche in folgender Reihenfolge geschehen wird:

a. Die Zählung der vorderen Wurzeln. b. Zählung der motorischen Ganglienzellen. c. Beziehungen der Zellen zu den Fasern. d. Zählung der sensorischen Fasern und der Nervenstämme.

I. Zählung der Nervenfasern in den vorderen Wurzeln des Frosches.

Die Einwirkung, welche die Osmiumsäure auf die Markscheide der Nerven ausübt, schien das geeignetste Hülfsmittel zur Herstellung leicht durchzählbarer Präparate darzubieten. Man sieht, wie bekannt, auf Querschnitten von mit Osmiumsäure behandelten Nerven die Markscheiden in Gestalt eines schwarzen Ringes, innerhalb dessen bei stärkerer Einwirkung des Osmiums auch der Axencylinder als ein grauer Punkt erscheint. Es ist dies ein Bild, welches so charakteristisch ist, dass es vor jeder Verwechselung schützt, ein Punkt, auf den man wohl zu achten hat, denn

so leicht erkennbar die grösseren Nervenfasern bei jeder Behandlungsweise sind, so schwer werden die feineren als solche erkannt, wenn man nicht die Reaction des Osmiums auf ihre Markscheide benutzt. Um freilich gute Bilder zu erhalten, Bilder, welche bis zu den feinsten Details klar sind, muss man einige Vorsichtsmaassregeln gebrauchen, die aus der sofort zu beschreibenden Methode hervorgehen.

Es wird zunächst mit Hülfe der Knochenzange das Rückenmark in seiner ganzen Ausdehnung blossgelegt und die Wurzeln dicht an demselben mit der Scheere abgeschnitten. Sodann wird das Rückenmark entfernt, damit die Osmiumsäure bei der nachfolgenden Härtung den Wirbelcanal erfüllen kann. Nun werden die Nerven, welche aus dem Intervertebralcanal austreten, in einiger Entfernung von demselben abgeschnitten, die ganze Wirbelsäule aus dem Zusammenhange mit dem übrigen Körper gelöst und mit den daran hängenden Nerven in eine reichliche Menge von 1 $^0/_0$ Osmiumsäure eingelegt. Das Präparat besteht also aus den Wirbelkörpern, den Bögen, soweit sie nicht weggebrochen sind, und den Nerven, von denen einerseits die Stämme frei nach aussen hängen, während die Wurzeln in dem Wirbelcanal liegen. Von anhängenden Muskelresten wird man dasselbe möglichst befreien, die Pleuroperitonealmembran, welche die Nerven bedeckt, entfernt man dagegen besser nicht. Es ist von grosser Wichtigkeit, dass bei diesem Verfahren die Nerven völlig unverrückt in ihrer natürlichen Lage erhärten, denn gerade Zerrungen und Quetschungen, welche den Nerven treffen, bevor seine Markscheide erhärtet ist, tragen die Hauptschuld, wenn man statt des typischen Bildes des Nervenquerschnittes unregelmässige und schwer enträthselbare Figuren schliesslich erhält. Auch die bei völliger Lösung aus seinen Verbindungen eintretende Runzelung der Nerven wirkt schädlich.

In der Osmiumsäure verbleibt das Präparat, vor dem Lichte geschützt, 2—6 Stunden, und zwar am besten volle 6 Stunden. Ein Schnitt durch den 2. Spinalnerven, nahe bei der Wirbelsäule geführt, muss dann den Nerven gleichmässig schwarz bis in die Mitte zeigen. Da die Reaction bei richtiger Behandlung in allen Theilen, auch den innerhalb des Canalis intervetebralis liegenden, gleichmässig verläuft, so ist man nun sicher, dass auch alle übrigen Nerven, und im ganzen Verlaufe durch und durch gefärbt sind. Hatte dagegen das Licht Zutritt, so ist in den dem Licht ausgesetzten Partien die Reaction stärker; und waren in dem Präparat die Nerven oder Muskeln in Unordnung gerathen, so dass sie übereinander lagen, so ist mitunter der Zutritt der Osmiumsäure zu einzelnen gehemmt. In diesem Falle hat man keine Sicherheit, dass in allen Nerven der Process vollendet ist und das Präparat ist unbrauchbar.

Aus der Osmiumsäure gelangen die Präparate auf 2—3 Stunden in destillirtes Wasser, um sie auszuwaschen, sodann in 70 $^0/_0$ Alkohol, wo sie

24 Stunden verweilen, um hierauf in 96 % Alkohol übertragen zu werden. Sind sie durch diesen entwässert, so werden nun die Nerven mit den Wurzeln einzeln herausgenommen und jeder in ein kleines offenes Kästchen gebracht, welches man sich aus Stanniol anfertigt und mit einer Nummer versieht, um die Nerven nicht zu verwechseln. Die Nerven lassen sich, da das fixirende Bindegewebe ganz brüchig geworden ist, sehr leicht herausnehmen und eine Quetschung der Markscheiden ist nicht mehr zu befürchten. In den Kästchen werden sie in Nelkenöl gebracht, von da in Terpentinöl und sodann in eine Mischung von Terpentin und Paraffin, in der sie auf dem Wasserbade bei einer Temperatur von 45° C. 1 Stunde verbleiben. Hierauf liegen sie noch 20 Minuten in reinem Paraffin (Schmelzpunkt 55°) bei einer Temperatur von 55—60° C.

Die Durchtränkung mit Paraffin ist absolut nothwendig, wenn man vermeiden will, dass das Messer beim Schneiden einzelne Fasern aus ihrem Zusammenhang löst und mit fortnimmt, andere umlegt, und wieder andere bis zur Unkenntlichkeit zerquetscht. Die vollkommen gleichmässige Consistenz und der feste Zusammenhang, welchen alle Theile eines mit Paraffin durchtränkten Präparates untereinander haben, sichern aber gegen diese Gefahren und sie erlauben gleichzeitig so ausserordentlich dünne Schnitte zu machen, wie sie nothwendig sind. Meine Erfahrungen überzeugten mich bald, dass Schnitte, welche dicker als $^1/_{200}$ mm sind, nicht mit Sicherheit gezählt werden können. Da es nicht zu erreichen ist, dass die Axe der Nervenfasern mit der optischen Axe des Mikroskops übereinstimmt, so erscheinen, wenn die kleinen Faserstückchen, aus denen der Querschnitt besteht, eine nur einigermaassen nennenswerthe Länge haben, der obere und untere Querschnitt etwas gegeneinander verschoben. Man erhält also von einer Faser zwei Bildchen, ein oberes und ein unteres, die allerdings in der Einstellungsebene verschieden sind, aber bei nicht ganz scharfer Einstellung neben einander zu liegen scheinen. Durch die Nothwendigkeit, hierüber jedesmal eine Entscheidung zu treffen, wird das Auge bald so ermüdet und verwirrt, dass an eine Durchführung der Zählung nicht zu denken ist. Ganz anders, wenn man Querschnitte von der angebenen Dicke verwendet, also nicht dicker als 5 μ. Dann kommt bei der Kürze des Stücks die Schiefheit der Axe nicht in Betracht, der obere und untere Querschnitt fallen in ein Bild zusammen und das Präparat erscheint dem Auge so klar, dass das Zählen nicht mit dem Gefühl der Anstrengung verbunden ist.

Zum Anfertigen dieser dünnen Querschnitte bediente ich mich des bereits von London in seiner Arbeit über das Blasenepithel erwähnten Mikrotoms von Schanze, bei dem die Drehung der Schraube um einen Theilstrich das Präparat um $^1/_{100}$ mm hebt. Da die Theilstriche breit sind, können sie mit Leichtigkeit halbirt werden. Von dem Messer werden die

Schnitte sogleich auf den Objectträger gebracht und dort nach den Angaben von Gaule mit Xylolbalsam behandelt, damit nicht beim Auflösen des Paraffins einige Nervenstückchen herausfallen und fortschwimmen.

Die Zählung der Fasern geschah durch ein Netzmikrometer im Ocular, indem jedes Quadrat für sich gezählt und notirt und dann die Gesammtzahl durch Addirung der einzelnen gefunden wurde. Als feststehende Regel wurde hierbei durchgeführt, dass Fasern, welche in zwei Quadraten gleichzeitig lagen (also auf den Grenzstrich), dem nach rechts resp. unten liegenden Quadrat zugezählt wurden. War ein Nerv so gross, dass er nicht von dem Gesichtsfelde des Mikroskops bedeckt wurde, so zerfiel er jedesmal auch in mehrere Unterabtheilungen, die durch besondere Bindegewebsscheiden von einander getrennt waren. Jede Abtheilung wurde dann für sich gezählt. Ich wiederholte jede Zählung bei einer anderen Stellung des Ocularmikrometers zum Nerven und wenn die beiden Zählungen um mehr als 2 % differirten, so wurde die Zählung erneuert. Klärte sich dabei die Differenz nicht als ein Beobachtungsfehler auf, so zeigten sich in der Regel Unklarheiten des Objects, auf denen sie beruhte und der ganze Versuch wurde als missglückt verworfen. Einige Zählungen wurden auch angestellt, indem die Querschnitte mit Hülfe der Camera lucida auf dem Reissbrett gezeichnet und dann in der Zeichnung die Zahl der Fasern gezählt wurden. Die erstere Methode ist jedoch ebenso genau und viel geschwinder. Man sieht, dass die Fehler, welche bei dieser Methode der Ermittelung der Zahl der markhaltigen Nervenfasern begangen werden, sehr klein ausfallen, und sie sind um so kleiner, als sie die ganzen Werthe betreffen und nicht noch mit einem Factor multiplicirt werden.

Es gelangen unter Anwendung des beschriebenen Verfahrens die Zählungen bei 7 Fröschen. Wenn ich die erhaltenen Zahlen mittheile, so wird man zunächst erstaunen über die geringe Uebereinstimmung, welche die Zahlen untereinander zeigen.

Tabelle 1.

Nummer des Frosches:	36	40	41	42	43	46	49
Zahl der motorischen Nervenfasern auf einer Seite:	4283	4746	3529	5734	5002	3209	2992.

Hierzu ist zunächst zu bemerken, dass die Zahlen nur die Nervenfasern einer Seite bedeuten. Dürfen wir annehmen, dass dies die Hälfte der überhaupt vorhandenen sei und demgemäss diese Zahlen verdoppeln, um die Totalziffer zu erhalten? Es wäre wünschenswerth gewesen, um ganz sicher zu sein, bei einem Frosche beide Seiten durchzuzählen. Jedoch ist das nie gelungen. Unter den 20 vorderen Wurzeln, welche die 10 Nervenpaare des Frosches liefern, befand sich immer wenigstens eine, die nicht allen An-

sprüchen der Exactheit entsprach und man musste zufrieden sein, wenigstens auf einer Seite eine fehlerfreie Zählung zu erlangen.

Es erscheint übrigens ganz unbedenklich, anzunehmen, dass auf der einen Seite ebensoviel Fasern vorhanden sind, als auf der anderen, denn es lässt sich kein Grund für eine Asymetrie denken. Ueberdies wird eine solche noch dadurch ausgeschlossen, dass die Zählung auf beiden Seiten die gleiche Zahl von Ganglienzellen ergiebt. Wir sind also berechtigt, die gezählten Fasern, zu verdoppeln um die Gesammtzahlen der motorischen Fasern zu erhalten.

Dies sind demnach die folgenden:

Tabelle 2.

49	46	41	36	40	43	42
5984	6481	7048	8566	9492	10004	11468.

Die Zahlen bewegen sich zwischen 5984 und 11468, schwanken also um das Doppelte. Zur Erklärung dieser Differenzen wird es führen, wenn ich statt der Nummern das Gewicht der betreffenden Frösche über die Zahlen setze.

$1^1/_2$ grm	$9^1/_2$ grm	23 grm	63 grm	67 grm	87 grm	111 grm
5984	6481	7048	8566	9492	10004	11468

Der Frosch von 111 grm hat 5484 Nervenfasern mehr als der von $1^1/_2$ grm. Seinen circa 100 grm Mehrgewicht entsprechen circa 5500 Mehrfasern, also für jedes Gramm Gewicht circa 55 Fasern mehr. Prüfen wir, ob die einzelnen Werthe unserer Reihe sich diesem Gesetze fügen, d. h. ob Gewicht und Faserzahl gleichmässig ansteigen. Nehmen wir den Frosch von $^1/_2$ grm und 5984 Fasern als Abscisse.

Tabelle 3.

Der Frosch v.	$9^1/_2$ grm hat	8 grm mehr Gew.	497 mehr Fasern,	also für 1 grm	62 F. mehr
„ „ „	23 „ „	21·5 grm „ „	1064 „	„ „ „ 1 „	50 „ „
„ „ „	63 „ „	61·5 „ „ „	2582 „	„ „ „ 1 „	42 „ „
„ „ „	67 „ „	65·5 „ „ „	3508 „	„ „ „ 1 „	53 „ „
„ „ „	87 „ „	85·5 „ „ „	4020 „	„ „ „ 1 „	47 „ „
„ „ „	111 „ „	99·5 „ „ „	5484 „	„ „ „ 1 „	55 „ „

Man sieht, dass das Ansteigen ein so gleichmässiges ist, wie wir es nur immerhin erwarten dürfen, bei Fröschen, die, ganz ohne Rücksicht auf eine solche Vergleichung ausgewählt, sich in den verschiedensten Ernährungsverhältnissen befanden. Würde man Frösche aus einem Teich, zu gleicher Zeit gefangen und untersucht, vergleichen, so erhielte man wohl ganz identische Zahlen. Die Verschiedenheit der Bedingungen, unter denen meine Frösche, die übrigens alle Esculenten waren, aufgewachsen waren, gestattet

übrigens einen Mittelwerth des Zuwachses zu bilden, mit Hülfe dessen man für jeden Frosch, sobald man sein Gewicht kennt, die Zahl der motorischen Fasern wenigstens annähernd berechnen kann; dies ist 51·5. Man muss 5900 als Abscissenwerth hinzuaddiren, um die gesuchte Gesammtzahl zu erhalten.

Unter den von mir untersuchten Fröschen befinden sich Männchen und Weibchen; die einen zeigen keine grössere Abweichung vom Mittel als die anderen. Es ist jedoch zu bemerken, dass ich bei der Wägung der Weibchen Eierstock und Eier herausnahm, von der Ansicht ausgehend, dass sie eigentlich schon nicht mehr zu dem Thier gehörten, schon eine neue Generation bildeten. Wenn man unter Belassung der Eier Männchen mit Weibchen von gleichem Gewichte vergleicht, so vergleicht man eben Thiere von ungleicher Muskelmasse und wahrscheinlich auch ungleichem Alter.

Wenn nach dem Vorstehenden die Thatsache, dass die Zahl der Nervenfaser mit dem Wachsthum des Frosches zunimmt, sicher zu sein scheint, so gelangen wir zu der Frage, wie wir uns diese Zunahme zu denken haben. Es könnten entweder Nervenfasern durch Theilung der schon vorhandenen neugebildet werden, oder es könnten andere, schon existirende, Gebilde zu Nervenfasern herangebildet werden. Ohne aus meinen Erfahrungen ein abschliessendes Urtheil ableiten zu können, neige ich doch zu der letzteren Annahme. Es ist gar nicht zu verkennen, dass überhaupt ein Wachsthum und eine Vergrösserung der Markscheide mit zunehmendem Alter bei dem Frosche stattfindet. Die Querschnitte der Nervenfasern sind bei dem älteren Frosche durchschnittlich grösser als bei dem jüngeren, wie man ersieht, wenn man die Nervenquerschnitte nicht bloss durchzählt, sondern auch ihren Flächeninhalt misst. — Ich gebe die Zusammenstellung einiger Daten.

Tabelle 4.	Frosch Nr. 49. Gew. $1^1/_2$ grm.	Frosch Nr. 4. Gew. 23 grm.	Frosch Nr. 36. Gew. 63 grm.
Flächeninhalt der motor. Wurzel der 2. Spinaln.	0·046 □mm	0·105 □mm	0·125 □mm
Zahl der Nervenfasern in der Wurzel	986	1098	975
Daraus berechnete Zahl der Nervenfasern in Quadratmillimetern	21434	10457	7800

Der durchschnittliche Querschnitt bei einem Frosche von 63 grm ist also beinahe dreimal grösser als der eines Frosches von $1^1/_2$ grm. Dies rührt nun nicht daher, dass die Grenzen, innerhalb deren diese Grössenverhältnisse liegen, bei Fröschen verschiedenen Alters verschieden sind, wenigstens kann dadurch nicht entfernt dieser Unterschied hervorgebracht werden. Die grössten Nervenfasern haben bei den jungen Fröschen fast denselben Querschnitt als bei den alten. Aber man trifft bei den jungen eine ausser-

ordentlich viel grössere Anzahl sehr kleiner Querschnitte als bei den alten Fröschen. Diese dünnen Fasern sind es offenbar, welche sich im Verlaufe des Wachsthums verdicken und so die Vermehrung der durchschnittlichen Querschnittsgrösse herbeiführen.

Es ist nun sehr wahrscheinlich, dass neben diesen kleinsten eben als markhaltig erkennbaren Fasern in den Nerven des jungen Frosches noch zahlreiche andere existiren, welche noch kein Mark besitzen und deshalb nicht mitgezählt werden. Während die ersteren von ganz dünnen Fäden sich allmählich zu dickeren entwickeln und so die Zunahme des Querschnitts bewirken, werden die letzteren wohl ebenfalls wachsen und sich allmählich eine Markscheide ausbilden. Hierdurch würde die Zunahme in der Zahl der markhaltigen Fasern erklärt.

Die Grössenverhältnisse des Querschnitts der Nervenfasern offenbaren übrigens noch eine andere vorerst noch nicht ganz klare Beziehung. Vergleicht man nämlich die durchschnittliche Grösse des Querschnitts in den einzelnen Nerven, so findet man, dass dieselbe durchaus nicht gleich ist. Ich gebe folgendes Beispiel:

Tabelle 5. Frosch Nr. 36, Männchen. 63 grm.

Spinalnerv	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Flächeninhalt der motorischen Wurzel	0·087	0·125	0·052	0·018	0·024	0·0226	0·04	0·152	0·067	0·015
Zahl der Fasern in derselben	783	975	481	106	114	159	142	870	441	212
Daraus berechnete Zahl der Fasern in Quadratmillim.	9000	7800	9257	5888	4750	7035	3550	5723	6582	14133

Die Differenzen sind in die Augen springend. Die durchschnittliche Grösse des Querschnittes einer Faser des 7. Spinalnerven ist viermal die des zehnten, fast dreimal die des dritten und ersten, zweimal die des vorhergehenden siebenten. Schon ohne Messung, bei der oberflächlichen Betrachtung der Querschnitte der Wurzeln fällt die verschiedene Dicke der Fasern auf. Gewiss besteht hier eine Beziehung zu den Functionen der Fasern, darauf deutet schon die grosse Differenz welche sich zwischen der Gruppe des 7. 8. und 9. Nerven, die den Ischiadicus bilden, also die hinteren Extremitäten versorgen, und der Gruppe des 1. 2. und 3. Nerven, die die vorderen Extremitäten, aber auch die Muskeln des Kehlkopfs, Zunge u. s. w. innervirt, besteht. Die drei ersteren mit einem Gesammtflächeninhalt von 0·259 □mm enthalten 1453 motorische Fasern, die drei letzteren mit nahezu demselben Gesammtflächeninhalt nämlich 0·264 □mm, enthalten 2239 Fasern, also die Hälfte mehr.

Der 4. 5. und 5. Nerv stehen in Bezug auf die Grösse der Fasern

in der Mitte, am dünnsten aber sind die 212 motorischen Fasern des 10. Nerven, welche wohl zum grossen Theil in den die hinteren Lymphherzen versorgenden Ast desselben übergehen. Man wird wohl zunächst an die relative Länge der Muskeln der hinteren Extremitäten des Frosches im Verhältniss zu den Muskeln des Schultergürtels denken und die Hypothese aufstellen, dass die längsten und wohl auch massigsten Muskelfasern von den dicksten Nervenfasern innervirt werden. Andererseits haben die Nervenfasern, die in den Ischiadicus übergehen, auch den längsten Verlauf und drittens muss man sich erinnern, dass auch im Rückenmark schon gewisse Faserbündel (die Pyramidenbahnen z. B.) sich durch besondere Dicke auszeichnen. Diese Frage bedarf also noch weiterer Erforschung.

Eine andere Thatsache, die die Aufmerksamkeit in Anspruch zu nehmen verdient, ist das Ueberwiegen der Zahl der Nervenfasern des Plexus brachialis über die des Lumbalis. Wie wir soeben sahen, haben die 3 ersten Nerven 2239 Fasern. Nun gehört allerdings der erste Nerv nicht ganz zum Plexus brachialis, denn ein Ast desselben betheiligt sich nicht daran und geht zur Zunge. Da dieser Ast nicht gezählt wurde, so wissen wir nicht wie viel wir für ihn in Abzug bringen müssen. Aber schon der 2. und 3. Nerv zusammen zählen 1456 motorische Fasern — gegen 1483 Fasern im Plexus lumbalis, so dass der Plexus brachialis zwar feinere, aber jedenfalls mehr Fasern enthält, als der Lumbalis. Wir müssen uns zuvor überzeugen, ob dieses Factum constant ist und dies führt uns zu dem Thema von der Variation in der Vertheilung der Nervenfasern auf die einzelnen Stämme. — Ich gebe zunächst eine Tafel, in welche die Zählung von 7 Fröschen aufgenommen ist.

Tabelle 6. Motorische Nervenfasern.

Nummer	49	46	41	36	40	43	42
Geschlecht	♂	♂	♂	♀	♀	♂	♀
Gewicht in Grammen	$1^1/_2$	$9^1/_2$	23	63	67	87	111
Spinalnerv I	359	416	652	783	754	653	1023
II	986	764	1098	975	1051	1307	1256
III	151	574	226	481	559	767	788
IV	142	155	119	106	187	146	117
V	79	96	92	114	102	118	106
VI	110	116	137	159	127	96	236
VII	135	123	137	142	162	112	141

(Fortsetzung der Tabelle 6.)

Nummer	49	46	41	36	40	43	42
Geschlecht	♂	♂	♀	♀	♀	♂	♀
Gewicht in Grammen	$1^1/_2$	$9^1/_2$	23	63	67	87	111
Spinalnerv VIII	583	309	501	870	967	446	515
IX	383	593	450	441	631	755	1248
X	64	63	112	212	206	602	310
Summe.	2992	3209	3524	4283	4746	5002	5134

Die Tafel lässt erkennen, dass erhebliche individuelle Differenzen vorkommen. Bei Nr. 36 hat der 8. Nerv doppelt soviel als der 9. Bei Frosch 42 ist das Verhältniss umgekehrt. Meist ist der 6. stärker als der 5. Bei einigen dagegen ist der 5. stärker u. s. f. Etwas regelmässiger gestaltet sich das Verhältniss, wenn wir die Gruppen wie in der Tafel zusammennehmen; innerhalb derselben ergänzt ein Nerv, was der andere zu wenig hat, so dass das Verhältniss der Gruppen unter einander ein ziemlich constantes ist.

Verzichten wir auf den Antheil, welchen der Plexus brachialis von dem 1. der Plexus lumbalis von dem 10. Nerven zu erhalten hat, so gestaltet sich das Verhältniss wie folgt:

Tabelle 7.

Nummer	49	46	41	36	40	43	42
Plexus brachialis	1237	1338	1304	1456	1710	2074	2038
Plexus lumbalis	1101	1025	1088	1453	1760	1413	1904

Der Plexus brachialis enthält also stets mehr oder wenigstens gleichviel Nervenfasern wie der Lumbalis, und die wirklichen Zahlen würden diesen Unterschied nur noch mehr hervorspringen lassen, da der Ast des 1., welcher ihm zuzuzählen wäre, sehr viel stärker ist (mit Ausnahme von Nr. 43) als der Ast des 10., der zum Plexus lumbalis gehört. Was die Schwankungen in der Stärke der einzelnen Wurzeln bei verschiedenen Fröschen betrifft, so erhält man den Eindruck bei der Betrachtung des eröffneten Rückenmarkscanals, dass dieselbe auf der nicht genau gleichen Lage der Intervertebrallöcher zu dem Rückenmarke beruht. Die an der Stelle der beiden Anschwellungen dicht nebeneinander dem Rückenmark entspringenden Bündel drängen sich nach dem nächsten Intervertebralloch und es kann leicht vorkommen, dass ein Bündel in einem Rückenmark einen etwas kürzeren Weg zu einem der Löcher hat, als in einem anderen.

Es erscheint die Vertheilung der Fasern auf die verschiedenen Wurzeln daher als etwas ziemlich gleichgültiges, wichtig ist nur, dass jeder der Nervenstämme die ihm gebührende Zahl von Nervenfasern zugewiesen bekommt, und die Constanz dieses Verhältnisses bei der variirenden Stärke der einzelnen Wurzeln aufrecht zu erhalten, erscheint als eine der Hauptaufgaben der Wurzelplexus.[1]

II. Die motorischen Ganglienzellen des Rückenmarkes.

Zur Zählung der Ganglienzellen wurde nicht die Osmiumwirkung benutzt, da bei dieser die Zellen nicht genügend deutlich hervortreten. Es erwies sich hierbei die folgende Methode als brauchbar, welche bei allen gelungenen Zählungen befolgt wurde. Der Rückenmarkscanal wurde weit eröffnet, die Wurzeln soweit als möglich von dem Rückenmark entfernt abgeschnitten, sodann Rückenmark und Gehirn zusammen herausgenommen und in Müller'sche Flüssigkeit gebracht. Nachdem sie daselbst eine Woche gelegen, wurden sie sorgfältig ausgewaschen und für 24 Stunden in 70 % Alkohol gelegt. Dann kam die Durchfärbung mit Grenacher'schem Alaunkarmin, die allmähliche Entwässerung durch 70 % und absoluten Alkohol, Nelkenöl, die Durchtränkung und Einschliessung in Paraffin. Es war leicht, das so vorbereitete Rückenmark in Schnitte von $^1/_{50}$ oder auch $^1/_{75}$ mm Dicke zu zerlegen, von denen nach einiger Uebung auch nicht einer verloren ging. Ich bediente mich des von Mechaniker Schanze hier gearbeiteten Mikrotoms. Die Schnitte, in strenger Reihenfolge von dem Messer mit Hülfe eines feinen Pinsels auf Objectträger gebracht, wurden daselbst in der Regel in 5 Reihen von je 10 geordnet, das Paraffin mit Xylol gelöst und mit Xylolbalsam eingedeckt. Ein auf diese Weise hergerichteter Schnitt des Rückenmarks bietet folgendes Aussehen dar. Die Nervenfasern sind wenig oder gar nicht gefärbt und die weisse Substanz ist in Folge dessen blass. Die graue Substanz hebt sich scharf gegen dieselbe ab, und die Umrisse derselben

[1] Es stimmt dies überein mit dem was wir durch Eckhard, Peyer und Krause über die Vertheilung der Fasern einer Wurzel auf verschiedene Nerven und sogar auf verschiedene Muskeln durch die Plexus wissen. Neuerdings ist von Erb und Remak dieser Thatsache die Deutung gegeben worden, dass die Fasern einer Wurzel sich auf diejenigen Muskeln vertheilen, welche sich zu einer Bewegung combiniren, dass also eine Wurzel eine functionelle Einheit sei. Der Widerspruch, welcher sich gegen diese Anschauung, die von Ferrier und Yeo experimentell bestätigt wurde (*Proc. of the Royal Soc.* XXXII. p. 12), aus der Variabilität der Stärke der Wurzeln erheben lässt, ist nur scheinbar. Denn es kommt wohl nur darauf hinaus, dass functionell zusammengehörige Fasern auch nahe zusammen aus dem Rückenmark entspringen, nicht aber dass sie zusammen durch ein Intervertebralloch gehen. Die im 3. Abschnitt sich ergebende Thatsache, dass die zugehörigen Ganglienzellen zusammenentspringender Fasern gleichfalls zusammenliegen, giebt dieser Anschauung eine bedeutende Erweiterung.

können überall mit Leichtigkeit verfolgt werden. Roth gefärbt, sieht man überall in derselben zahlreiche Körner und kleine Ganglienzellen, die letzteren namentlich in den Hinterhörnern. Die motorischen Zellen bilden in den Vorderhörnern eine dicht zusammengedrängte Gruppe von grossen Zellen mit mehreren Ausläufern, einen grossen Kern mit Kernkörperchen, welche beide lebhafter gefärbt sind, als das Protoplasma der Zelle. Die Gruppe besteht aus 2—3 Zellen bis zu 20, 30, je nach der Lage und Dicke des Schnittes. In einzelnen dünnen Schnitten, namentlich aus dem mittleren Theil des Markes, findet man auch keine Zellen. Im Brusttheil des Markes findet man in der Nähe der geschilderten Gruppe von motorischen Zellen, aber augenscheinlich nicht zu ihnen gehörig, einige kleinere pyramidenförmige Zellen. Die motorischen Zellen sind in der Regel gleichmässig orientirt, in dem Brusttheil findet man häufig die Gruppe aus völlig parallel gestellten spindelförmigen Zellen bestehend. Die einzige Schwierigkeit, welche sich in Bezug auf die Zugehörigkeit zur Gruppe erhob, machten einige kleine Zellen, welche allerdings der Gruppe dicht angeschmiegt lagen und in Bezug auf ihre Orientirung mit ihr übereinstimmten, aber wegen ihrer Kleinheit über ihren Charakter als Ganglienzellen in Zweifel liessen. Bei den Zählungen der beiden ersten Rückenmarke (Nr. 12 und 25) wurden sie nicht mitgezählt; später aber, nach Kenntniss der Resultate der Zählung der motorischen Fasern, stellte sich heraus, dass diese Zellen wohl den motorischen Ganglienzellen zuzuzählen seien und den ganz kleinen Fasern entsprachen.

Sie wurden also von da mitgezählt und bei dem Frosch Nr. 18 wurden sie besonders gezählt um einen Anhalt darüber zu gewinnen, welcher Fehler durch ihr Weglassen bei 12 und 25 begangen worden sein möchte. Es fanden sich ungefähr 600 auf jeder Seite.

Die Schwierigkeiten, in einem der mit der geschilderten Methode gewonnenen Schnitte sich zu orientiren über das, was man zu zählen hat, waren demnach nicht gross, und das war die erste Vorbedingung für eine genaue und erfolgreiche Zählung, weil man ausserordentlich leicht ermüdet, sobald man mit dem geringsten Zweifel zu kämpfen hat, ob man richtig zählt. Dieser Zweifel stieg leicht auf, sobald man dickere Schnitte machte, in denen sich mitunter zwei Ganglienzellen ganz oder theilweise deckten. Da nun die Arbeit des Schneidens kaum in's Gewicht fiel gegenüber der des Zählens (es konnte die Zerlegung eines Rückenmarks in 500 — 1000 Schnitte und die Einbettung der letzteren bequem in einem Tage bewältigt werden), so empfahl es sich, nicht dicker als $^1/_{50}$ mm zu schneiden, wobei man nur 2—10 Zellen auf jeder Seite zu zählen hat. Das Zählen wurde wesentlich erleichtert durch ein Stativ von Powell und Lealand, das sich im Besitz des physiologischen Institutes

befindet mit einer Schraubenbewegung, welche das Object an dem Auge in gleichmässiger Weise vorüberführt. Diese mechanische Bewegung giebt die Sicherheit, dass man keine Stelle überspringt, wie es leicht bei der Führung mit der Hand geschieht, wenn diese ermüdet.

Eine Schwierigkeit, die sich darbot, lag darin, dass man bei einer derartigen Zählung genöthigt wird, dem Rückenmark nach oben hin gegen die Med. oblong. eine scharfe Abgrenzung zu geben, wie sie die Natur nicht kennt. Die Configuration ändert sich zwar an der Stelle, wo der Centralcanal in den 4. Ventrikel sich öffnet, in einer Weise, dass man nicht im Zweifel sein kann, hier liege die Grenze des Rückenmarks. Aber, indem ich mit dem Schnitt, welcher diese Eröffnung zeigte, die Zählung abschloss, musste ich mir die Frage vorlegen, ob ich auch das Ursprungsgebiet der zehn Spinalnerven wirklich erschöpft hätte, und ob nicht noch jenseits dieser Grenze Zellen lägen, die zu den Spinalnerven ihre Fasern entsenden. Es wurde desshalb auch noch der Anfangstheil der Medulla oblongata untersucht und dabei zeigte sich, dass die beschriebene Gruppe der Ganglienzellen noch eine kurze Strecke weit in dieselbe hinein sich fortsetzt. Vielleicht wäre es nun am richtigsten gewesen, diese Zellen noch den Rückenmarkszellen zuzuzählen, aber es ging diese Gruppe so allmählich in die Formation des verlängerten Markes über, dass eine natürliche Abgrenzung nicht zu ermitteln war. Da es nun weiter an einem topographischen Orientirungspunkte mangelt, der geeignet gewesen wäre zur Ziehung einer willkürlichen Grenze zu dienen, zog ich es vor, an der ersterwähnten, stets scharf zu ziehenden Grenze festzuhalten und die wenigen darüber hinausliegenden Zellen zu vernachlässigen.

Die folgende Tabelle giebt das Resultat der mit den beschriebenen Veranstaltungen ausgeführten Zählungen. Ich führe die Zahl der Zellen der rechten und linken Seite getrennt von einander an, weil ich in der Uebereinstimmung der ganz unabhängig von einander ausgeführten Zählungen der rechten und linken Rückenmarkshälfte den besten Maassstab zur Beurtheilung meines Verfahrens sehe.

Tabelle 1.

	Gesammtsumme der Ganglienzellen.	Rechte Seite.	Linke Seite.	Differenz der beiden Seiten.	In Procenten der Gesammtzahl.
Nr. 49	4871	2457	2414	43	1·8
„ 18	6760	3385	3375	10	0·3
„ 12	6892	3424	3468	44	1·3
„ 39	8539	5272	4267	5	0·1
„ 43	11517	5777	5740	37	0·6
„ 25	11131	5567	5564	3	0·1

Nimmt man eine absolute Symmetrie der beiden Hälften des Froschrückenmarkes an, so würde der Fehler der Zählung mit grosser Wahrscheinlichkeit der Differenz der beiden Seiten gleich sein und demnach im Maximum 1·8 %, im Mittel aber noch nicht 1 % betragen. Die beiden Frösche 12 und 25 zeichnen sich, wie man sieht, durch einen äusserst geringen Fehler aus. Sie verdanken dies dem Eingangs erwähnten Umstande, dass bei ihnen in der motorischen Gruppe nur die grossen Zellen gezählt wurden. Bei diesen ist es begreiflicherweise weit schwerer, sich zu irren, als bei der Zählung der kleinen.

Man könnte glauben, dass diese Zählungen doch unwillkürlich von dem Wunsche beeinflusst seien, ein gut stimmendes Resultat zu erhalten. Dann würde die erzielte Genauigkeit natürlich keinen Werth haben. Hätte man in der That in jedem Schnitt auf beiden Seiten annähernd gleich viele Zellen, so wäre es denkbar, dass man während der Zählung sich fortwährend controlirte, ob man eine Uebereinstimmung erziele. Da aber in dem Rückenmark zellenarme und zellenreiche Schichten von geringer Mächtigkeit fortwährend abwechseln und die Schnitte nie ganz parallel dieser Schichtung fallen, so liegen die Zellen in den Schnitten sehr unsymmetrisch und es ist unmöglich, während der Zählung zu wissen, ob nicht die beiden Seiten sogar um Tausende differiren.

Es wird gut sein, wenn ich, um dies Verhältniss, das auch sonst nicht ohne Interesse ist, zu zeigen, eine Originalzählungstabelle mittheile. Ich wähle die von Nr. 43. Sie beginnt mit dem 147. Schnitt, dem Schnitte, welcher das Ende des 4. Ventrikels erreicht, und endet mit dem 900. in dem Filum terminale, welches keine Ganglienzellen mehr enthält. (Die ersten 146 Schnitte liegen in dem verlängerten Mark.)

Tabelle 2.

Schnitt-Nummer.	Zahl der Zellen.				Schnitt-Nummer.	Zahl der Zellen.			
	Rechts.		Links.			Rechts.		Links.	
147	9		11		8	4		2	
8	10		9		9	2		1	
9	8		9		160			4	
150	5		7		1	2	11	2	13
151	6	38	6	42	2	3		2	
2	5		3		34	7		2	
3	6		3		4	6		1	
4	3		4		5	3		2	
5	3		3		6	4	23	7	14
6	2	19	1	14	7	7		1	
7	3		4		8	3		5	

Nummer.	Rechts.		Links.		Nummer.	Rechts.		Links.	
169	3		7		215	9		10	
170	6		4		6	8	50	7	49
1	1	20	3	20	7	4		8	
2	3		4		8	11		7	
3	4		2		9	9		8	
4	3		4		220	7		8	
5	6		5		1	10	41	8	39
6	5	21	5	20	2	11		7	
7	2		3		3	7		6	
8	5		3		4	11		8	
9	6		4		5	4		12	
180	6		2		6	6	39	6	39
1	7	26	5	17	7	9		8	
2	6		5		7′	8		13	
3	5		5		8	11		9	
4	6		6		9	6		10	
5	6		9		230	15	49	15	55
6	3	26	8	33	1	9		9	
7	4		8		2	11		13	
8	4		5		3	7		8	
9	1		4		4	8		6	
190	3		5		5	8	43	13	49
1	4	16	1	23	6	11		12	
2	3		5		7	8		7	
3	8		6		8	13		10	
4	7		9		9	7		7	
5	10		11		240	8	47	6	42
6	12	40	9	40	1	9		11	
7	6		7		2	10		13	
8	7		10		3	9		12	
9	11		6		4	13		5	
200	9		7		5	8	49	20	61
1	9	42	9	39	6	21		9	
2	10		9		7	23		10	
3	8		8		8	18		11	
4	10		8		9	8		12	
5	7		12		250	10	80	16	58
6	11	46	11	48	1	11		16	
7	13		9		2	9		14	
8	7		8		3	17		7	
9	8		8		4	19		14	
210	6		10		5	19	75	11	62
1	11	45	9	44	6	12		13	
2	12		12		7	10		17	
3	11		9		8	13		12	
4	10		11		9	16		19	

Nummer.	Rechts.		Links.		Nummer.	Rechts.		Links.	
260	17	68	18	79	306	9		19	
1	13		11		7	11		16	
2	15		17		8	7		17	
3	18		12		9	12		11	
4	15		13		310	13	52	12	75
5	11	72	17	70	1	13		17	
6	15		15		2	16		12	
7	10		11		3	14		11	
8	19		12		4	17		23	
9	12		11		5	13	73	19	72
270	7	63	9	58	6	14		13	
1	12		12		7	10		12	
2	11		12		8	14		16	
3	11		8		9	13		14	
4	7		12		320	12	63	7	62
5	19	60	16	60	1	15		18	
6	8		9		2	11		12	
7	10		11		3	13		9	
8	13		8		4	18		11	
9	15		16		5	22	79	15	65
280	8	54	10	54	6	16		12	
1	14		12		7	12		15	
2	11		10		8	14		12	
3	14		8		9	13		9	
4	11		9		330	9	64	12	60
5	10	60	10	49	1	17		16	
6	12		15		2	15		18	
7	13		21		3	13		10	
8	12		10		4	8		14	
9	19		17		5	12	65	12	70
290	11	67	20	83	6	23		18	
1	12		18		7	13		11	
2	11		12		8	12		8	
3	9		13		9	17		12	
4	9		12		340	12	77	18	67
5	10	51	16	71	1	13		19	
6	15		18		2	15		11	
7	10		17		3	21		18	
8	12		8		4	16		11	
9	10		14		5	14	79	13	72
300	9	56	12	69	6	19		14	
1	17		15		7	12		16	
2	9		10		8	13		11	
3	8		13		9	12		11	
4	12		10		350	9	65	12	64
5	10	56	9	57	1	15		23	

Nummer.	Rechts.		Links.		Nummer.	Rechts.		Links.	
352	13		11		307	9		8	
3	12		10		8	7		9	
4	11		10		9	5	31	7	35
5	15	66	14	68	400	4		3	
6	15		12		1	7		8	
7	17		15		2	4		6	
8	11		13		3	8		3	
9	10		14		4	4	27	3	23
360	12	65	8	62	5	5		4	
1	13		13		6	6		4	
2	15		11		7	2		4	
3	18		15		8	6		8	
4	9		17		9	3	22	5	25
5	18	73	13	69	410	4		5	
6	9		10		1	3		7	
7	17		12		2	4		5	
8	24		17		3	6		2	
9	22		15		4	3	20	6	25
370	12	84	13	67	5	10		6	
1	15		17		6	7		4	
2	14		20		7	6		5	
3	11		13		8	7		7	
4	14		17		9	5	35	6	28
5	10	64	8	75	420	9		12	
6	17		17		1	10		8	
7	11		10		2	14		6	
8	12		18		3	7		4	
9	18		20		4	4	34	9	39
380	11	69	12	77	5	8		5	
1	17		16		6	6		12	
2	8		13		7	7		3	
3	11		16		8	5		4	
4	12		11		9	4	30	3	27
5	6	54	5	61	430	7		4	
6	4		9		1	8		9	
7	5		8		2	5		4	
8	8		12		2′	6		2	
9	9		7		3	5	31	4	23
390	8	34	10	46	4	6		6	
1	7		8		5	4		7	
2	6		5		6	5		5	
3	5		7		7	6		7	
3′	9		5		8	4	25	6	31
4	6	33	4	29	9	5		2	
5	7		7		440	2		3	
6	3		4		1	4		4	

Nummer.	Rechts.		Links.		Nummer.	Rechts.		Links.	
442	7		6		488	5	21	3	20
3	5	23	6	21	9	5		6	
4	0		2		490	4		5	
5	6		5		1	3		6	
6	7		5		2	1		3	
7	3		8		3	5	18	4	24
8	6	22	3	23	4	6		5	
9	6		7		5	6		4	
450	3		2		6	3		6	
1	3		5		7	5		3	
2	2		2		8	3	23	3	21
3	4	18	3	19	9	5		3	
4	6		5		500	2		7	
5	4		3		1	4		6	
6	7		4		2	5		2	
7	6		4		3	6	22	4	22
8	6	29	4	20	4	5		4	
9	5		6		5	6		3	
460	4		3		6	6		8	
2	5		9		7	7		4	
2	5		6		8	2	26	3	22
3	5	24	3	27	9	5		4	
4	3		4		510	3		5	
5	4		5		1	6		3	
6	6		2		2	3		4	
7	3		2		3	9	26	5	21
8	3	21	1	14	4	8		4	
9	2		1		5	6		6	
470	1		3		6	7		8	
1	5		2		7	6		9	
2	3		5		8	7	34	6	33
3	3	14	2	13	9	5		6	
4	3		6		520	8		5	
5	2		5		1	10		12	
6	4		3		2	8		5	
7	3		2		3	7	38	10	38
8	2	14	2	18	4	9		5	
9	0		3		5	6		5	
480	2		5		6	6		7	
1	6		2		7	8		6	
2	5		3		8	5	34	5	28
3	5	18	3	16	9	5		6	
4	6		4		530	6		4	
5	4		4		1	5		8	
6	2		1		2	5		5	
7	4		8		3	4	25	5	28

Nummer.	Rechts.		Links.		Nummer.	Rechts.		Links.	
534	4		6		580	5		3	
5	5		3		1	4		3	
6	4		6		2	3		2	
7	5		3		3	2	18	4	14
8	2	20	4	22	4	3		3	
9	4		4		5	2		2	
540	7		5		6	1		2	
1	3		5		7	3		4	
2	6		7		8	4	13	3	14
3	6	26	6	27	9	2		5	
4	3		4		590	4		2	
5	3		2		1	1		4	
6	4		9		2	4		3	
7	3				3	5	16	2	16
8	4	17	5	20	4	2		3	
9	6		5		5	4		3	
550	8		9		6	1			
1	8		5		7	2		2	
2	4		7		8	1	10		8
3	6	32	5	31	9	3		4	
4	7		6		600	2		4	
5	5		6		1	7		2	
6	8		7		2	1		3	
7	6		8		3	4	17	3	16
8	4	30	4	31	4	2		4	
9	5		7		5	3		3	
560	7		4		6	5		2	
1	3		4		7	4		5	
2	5		10		8	2	16	3	17
3	7	27	8	33	9	5		5	
4	5		4		610	3		5	
5	5		6		1	5		7	
6	4		6		2	2		3	
7	5		3		3	4	19	6	26
8	4	23	5	24	4	3		4	
9	6		6		5	2		2	
570	5		4		6	3		2	
1	3		6		7	3		2	
2	5		6		8	6	17	8	18
3	5	24	3	25	9	7		8	
4	2		4		620	7		9	
5	4		3		1	8		9	
6	5		7		2	7		8	
7	5		4		3	8	37	9	43
8	6	22	3	21	4	11		9	
9	4		2		5	9		16	

Nummer.	Rechts.		Links.		Nummer.	Rechts.		Links.	
626	6		7		672	4		4	
7	4		9		3	0	14	6	24
8	8	38	6	41	4	4		7	
9	5		7		5	3		2	
630	10		9		6	5		2	
1	5		8		7	3		6	
2	8		9		8	7	20	6	23
3	7	35	6	39	9	3		3	
4	11		8		680	2		5	
5	10		9		1	4		9	
6	9		10		2	3		2	
7	7		6		3	5	17	3	22
8	6	43	8	41	4	6		4	
9	7		10		5	5		4	
640	5		7		6	3		5	
1	11		9		7	5		6	
2	6		5		8	6	25	6	25
3	9	38	7	38	9	7		8	
4	8		5		690	6		6	
5	6		5		1	4		7	
6	7		8		2	9		6	
7	6		5		3	7	33	8	35
8	7	34	10	33	4	5		6	
9	5		8		5	5		7	
650	6		5		6	8		8	
1	7		5		7	5		4	
2	8		7		8	9	32	10	35
3	6	32	5	30	9	5		7	
4	10		9		700	8		4	
5	6		7		1	8		9	
6	6		4		2	7		6	
7	9		6		3	6	34	6	32
8	6	37	8	34	4	7		5	
9	5		9		5	4		9	
660	8		7		6	9		8	
1	10		9		7	8		5	
2	5		8		8	6	34	8	35
3	4	32	7	40	9	4		9	
4	6		15		710	5		3	
5	4		5		1	8		3	
6	3		5		2	4		6	
7	4		3		3	7	28	5	26
8	3	20	5	33	4	6		5	
9	5		7		5	4		9	
670	3		2		6	5		3	
1	2		5		7	4		4	

Nummer.	Rechts.		Links.		Nummer.	Rechts.		Links.	
718	3	22	6	27	764	14		16	
9	5		4		5	13		12	
720	13		12		6	13		11	
1	9		6		7	6		6	
2	7		10		8	10	56	14	59
3	11	45	6	38	9	8		7	
4	6		5		770	9		10	
5	10		13		1	8		8	
6	9		11		2	5		4	
7	8		14		3	14	44	12	41
8	10	43	11	54	4	9		11	
9	6		10		5	5		6	
730	6		8		6	14		11	
1	7		8		7	8		5	
2	7		7		8	9	45	8	41
3	1	37	9	42	9	10		13	
4	9		8		780	11		9	
5	9		10		1	18		18	
6	6		7		2	7		6	
7	12		10		3	10	56	11	57
8	5	41	9	44	4	8		6	
9	6		11		5	9		9	
740	9		10		6	10		9	
1	10		4		7	16		8	
2	9		8		8	7	50	8	40
3	8	42	8	41	9	11		10	
4	7		6		790	9		5	
5	6		5		1	7		8	
6	11		9		2	9		11	
7	5		9		3	10	46	14	48
8	8	37	9	38	4	12		7	
9	12		8		5	6		6	
750	6		11		6	17		11	
1	10		10		7	17		18	
2	9		12		8	9	61	6	48
3	10	47	13	54	9	8		12	
4	11		15		800	5		9	
5	6		11		1	7		11	
6	10		11		2	9		9	
7	13		16		3	8	37	5	46
8	9	49	5	58	4	9		8	
9	6		6		5	9		4	
760	15		13		6	7		6	
1	9		11		7	8		5	
2	8		5		8	9	42	7	30
3	9	47	8	43	9	8		10	

Nummer.	Rechts.		Links.		Nummer.	Rechts.		Links.	
810	11		10		848	11	50	7	47
1	8		7		9	11		12	
2	9		6		850	13		7	
3	13	49	12	45	1	13		14	
4	10		13		2	12		14	
5	9		6		3	8	57	10	57
6	5		7		4	12		8	
7	6		6		5	10		14	
8	9	39	10	42	6	18		6	
9	8		9		7	7		8	
820	7		10		8	10	57	8	44
1	14		10		9	7		11	
2	9		12		860	8		12	
3	16	54	10	51	1	6		5	
4	11		8		2	7		6	
5	9		11		3	9	37	4	38
6	10		13		4	8		7	
7	12		14		5	6		5	
8	14	56	18	64	6	8		4	
9	16		18		7	6		5	
830	10		20		8	3	31	3	24
1	15		8		9	4		6	
2	14		12		870	3		5	
3	16	71	17	75	1	3		4	
4	15		11		2	5		6	
5	10		7		3	2	17	2	23
6	8		10		4	4		3	
7	9		8		5	1		0	
8	17	59	13	49	6	3		1	
9	12		10		7	2		2	
840	13		11		8	0	10	1	7
1	11		14		9	2		0	
2	6		9		880	4		3	
3	8	50	5	49	1	2		2	
4	8		7		2	1		0	
5	10		11		3	0	9	0	5
6	11		12		4	1		1	
7	10		10		5	2		1	

Die Additon aller Werthe der rechten Seite ergiebt 5777, aller Werthe der linken Seite 5740 Zellen, wie in Tabelle 1 angegeben. Wenn uns die gesonderte Zählung der rechten und linken Seite den Fehler ergiebt, welchen die Zählung mit sich bringt, so müssen wir uns nun nach den Fehlern umsehen, die die Differenzen in den Gesammtzahlen der verschiedenen Frösche erklären. Nach den Resultaten, die über die Variation und Zahl der

motorischen Nervenfasern mitgetheilt sind, wird man bereits nicht mehr eine constante Zahl erwarten, die für jeden Frosch gültig sein soll. Die Zahl der motorischen Ganglienzellen variirt vielmehr mit dem Gewichte des Frosches, wie ersichtlich wird aus folgender Zusammenstellung der Gewichte und Zahlen.

Tabelle 3.

Nummer des Frosches:	49	18	12	36	42	25
Gewicht in Grammen:	$1^1/_2$	22	44	67	111	115
Zahl der Zellen:	4871	6760	6892	8539	11517	11131

Es ergiebt sich also auch hier eine Beziehung zwischen Gewicht und Zahl der Zellen, ähnlich der bei den motorischen Fasern gefundenen. Ich werde dieselbe noch näher zu besprechen haben, wenn ich das Verhältniss der Fasern zu den Zellen erörtere.

Das Geschlecht ist nicht im Stande, diese Beziehung zu stören, weil, nach früher erörterten Gesichtspunkten, die Weibchen ohne Ovarium gewogen wurden; 49, 18 und 43 sind Männchen, 12, 14 und 25 Weibchen. Dagegen wird die Beziehung gestört durch die Weglassung der kleinen Zellen bei 12 und 25, wodurch die Zahlen derselben den übrigen gegenüber zu klein ausfallen.

Ein weiteres Interesse muss es nunmehr darbieten, an der Hand der gewonnenen Zahlen die Vertheilung der Zellen in dem Rückenmark darzustellen. Man muss hier zwei Dinge unterscheiden: 1. den allgemeinen Modus der Vertheilung durch das ganze Rückenmark und 2. die Vertheilung auf verschiedene Regionen. In Bezug auf das erstere habe ich bereits anlässlich der im Original mitgetheilten Zählungstabelle auf die schichtenweise Anordnung der Ganglienzellen aufmerksam gemacht. Es zeigt sich dort, dass die eine Hälfte des Schnitts in eine zellenreiche, die andere in eine zellenarme Schicht zu liegen kommt, wenn derselbe nur etwas schief gefallen ist. Andererseits trifft man oft, wo die Schnittführung parallel den Schichten geht, dass einzelne Schnitte gar keine Ganglienzellen enthalten, während die vorhergehenden und darauffolgenden reich daran sind. Um diese Verhältnisse zu studiren, muss man Längsschnitte durch das Rückenmark anfertigen. Man sieht dann: 1. dass die Ganglienzellenschichten sehr dünn sind, nur aus einer einzigen Zellenlage bestehen, 2. dass dieses Verhältniss nur in Hals und Brustmark deutlich ausgeprägt ist, im Lendenmark verschwindet, 3. dass die zellenfreien Schichten eingenommen werden von den Einstrahlungen der vorderen Wurzeln in die graue Substanz. Dies letztere Moment macht es verständlich, warum die Schichtung hauptsächlich im Gebiet der Brachialanschwellung sich findet und wie sie überhaupt zu Stande kommt. Nur die Armnerven gehen nämlich unter rechtem Winkel von dem Rückenmark ab und ihre Wurzelfasern strahlen also senkrecht zur

Axe in die graue Substanz ein und drängen in dieser Richtung die Zellen auseinander. Die Lumbalnerven dagegen gehen unter spitzem Winkel von dem Marke ab und die Einstrahlung ihrer Fasern geschieht in der gleichen Weise, kann also die Zellen nicht in derselben Weise auseinanderdrängen.

Will man die Vertheilung der Zellen über das Rückenmark weiter verfolgen, so thut man gut, nicht die Zahl der Zellen, welche in den einzelnen Schnitten sich finden, sondern die in einer bestimmten Längeneinheit befindlichen zu Grunde zu legen. Hierbei verschwinden die Unregelmässigkeiten, die durch die bereits berührten Umstände herbeigeführt werden, und man gewinnt einen Einblick in den Zellenreichthum der verschiedenen Längenabschnitte des Rückenmarks. Ich will zunächst die Tabellen mittheilen, welche die Vertheilung der Zellen auf je $^{1}/_{10}$ mm Länge angaben. Die graphische Darstellung derselben, die erlaubt, sich noch rascher zu orientiren, folgt auf Taf. XIV u. XV, welche ich zu conferiren bitte. Die Eintheilung in Abschnitte von $^{1}/_{10}$ mm Länge ist deshalb als die passendste erschienen, weil sie klein genug ist, um noch den Einfluss der einzelnen Nerven auf die Vertheilung erkennen zu lassen und doch schon Schnitte genug (5—10) zusammenfasst, um ganz regelmässige Zahlen zu geben.

Tabelle 4. Frosch Nr. 49. $1^{1}/_{2}$ grm.

Zahl der Zellen in je $^{1}/_{10}$ mm. Hierzu Taf. XIV, Fig. A.

Summa Links.	Links.	Rechts.	Summa Rechts.	Summa Links.	Links.	Rechts.	Summa Rechts.
	35	42			25	35	
	37	43			35	32	
	51	51			21	21	
	68	72			26	26	
	89	98			30	32	
	192	137			43	52	
	104	108			52	56	
	90	96			53	53	
	114	131			68	71	
859	129	119	897	431	78	89	467
	120	111			85	75	
	100	89			83	72	
	33	33			87	101	
	26	28			88	97	
	28	22			94	87	
	22	16			95	87	
	26	21			83	80	
	16	19			54	55	
	24	27			29	28	
419	24	25	401	705	7	9	692
				2414			2457

Gesammtzahl 4871

Tabelle 5. Frosch Nr. 18. ♂ Gewicht 22 grm.

Zahl der Zellen in je $^{1}/_{10}$ mm. Hierzu Taf. XIV, Fig. B.

Summa Links.	Links.	Rechts.	Summa Rechts.	Summa Links.	Links.	Rechts.	Summa Rechts.
	43	45			24	27	
	70	70			22	23	
	63	55			23	22	
	56	55			29	19	
	58	60			22	20	
	63	65			24	31	
	79	69			26	25	
	71	83			30	32	
	83	70			39	35	
667	81	82	654	268	29	32	266
	82	78			34	31	
	84	79			34	30	
	69	75			32	41	
	80	83			38	39	
	72	73			48	54	
	78	73			54	57	
	79	83			45	42	
	76	83			49	51	
	74	71			49	49	
751	47	56	754	429	46	39	433
	28	20			52	47	
	23	25			55	50	
	27	32			50	60	
	33	32			66	54	
	24	20			57	61	
	21	20			59	60	
	24	25			56	55	
	19	15			54	65	
	28	33			60	67	
252	25	23	245	576	63	66	585
	24	29			69	62	
	17	17			56	67	
	24	27			45	39	
	21	28			14	22	
	20	28			6	6	
	29	22			6	5	
	26	25					
	27	26					
	21	23					
237	28	20	245	195			201
				3375			3383

Gesammtzahl 6758

Frosch Nr. 36. ♂ Gewicht 67 ^{grm}.

Zahl der Zellen in je $^1/_{10}$ ^{mm}. Hierzu Taf. XIV, Fig. C.

Summa Links.	Links.	Rechts	Summa Rechts.	Summa Links.	Links.	Rechts.	Summa Rechts.
	7	11			24	26	
	11	19			27	26	
	32	37			23	20	
	22	35			23	25	
	31	34			35	26	
	40	42			20	23	
	50	45			16	21	
	60	72			14	17	
	59	56			23	24	
358	46	52	403	226	21	20	228
	42	39			23	16	
	40	37			29	23	
	52	54			23	19	
	74	64			22	30	
	62	65			17	17	
	65	69			21	24	
	79	81			18	20	
	81	75			16	13	
	66	62			21	15	
625	64	73	619	214	24	20	197
	62	72			27	26	
	74	74			17	17	
	64	57			25	25	
	62	61			17	21	
	65	69			21	24	
	68	73			20	26	
	77	70			26	27	
	85	87			18	18	
	65	72			10	19	
708	86	69	704	198	17	30	233
	73	71			29	30	
	76	69			22	23	
	78	73			25	29	
	53	50			17	24	
	56	46			26	25	
	27	32			21	33	
	27	29			32	29	
	34	25			17	20	
	21	21			21	21	
465	20	24	440	232	21	21	255

Summa Links.	Links.	Rechts.	Summa Rechts.	Summa Links.	Links.	Rechts	Summa Rechts.
	16	25			30	31	
	31	30			29	32	
	31	23			40	37	
	31	31			37	34	
	37	37			40	38	
	35	33			44	41	
	45	37			33	34	
	46	45			36	38	
	63	58			23	25	
396	61	56	375	343	21	13	323
	61	67			6	5	
	64	65			2	3	
	55	51			2	4	
	52	46			3	0	
	52	49			2	1	
	55	43			1	1	
	45	45					
	41	39					
	34	43					
487	28	32	480	15			16
				4267			4272

Gesammtzahl 8539

Tabelle 7. Frosch Nr. 42. Gewicht 111 grm.

Zahl der Zellen in je $^1/_{10}$ mm. Hierzu Taf. XV, Fig. D.

Summa Links.	Links.	Rechts.	Summa Rechts.	Summa Links.	Links.	Rechts	Summa Rechts.
	38	42			39	39	
	19	14			49	55	
	11	13			43	49	
	23	14			47	42	
	20	20		451	49	61	465
	21	20			80	58	
	26	17			75	62	
	26	33			68	79	
	16	23			72	70	
240	40	40	236		63	58	
	42	39			60	60	
	46	48			54	54	
	45	44			60	49	
	50	49			67	83	
	41	39		650	51	71	644

Summa Links.	Links.	Rechts.	Summa Rechts.	Summa Links.	Links.	Rechts.	Summa Rechts.
	56	69			38	38	
	56	57			34	28	
	52	75			25	28	
	73	72			20	22	
	63	62		274	26	27	262
	79	65			17	20	
	64	60			32	31	
	65	70			30	31	
	77	67			27	33	
664	79	72	669		23	24	
	65	64			24	25	
	66	68			22	21	
	65	62			18	14	
	73	69			13	14	
	84	67		222	16	16	229
	64	75			10	8	
	69	77			17	16	
	54	61			16	17	
	34	46			19	26	
607	33	29	618		17	18	
	31	35			37	43	
	27	23			38	41	
	22	25			35	39	
	20	25			43	41	
	35	28		270	38	38	287
	34	39			34	33	
	30	27			32	30	
	31	23			37	34	
	25	31			32	40	
278	23	21	277		20	33	
	22	23			14	24	
	18	19			20	23	
	29	20			17	22	
	24	27			25	25	
	21	14		264	33	35	299
	14	13			32	35	
	14	18			34	32	
	18	16			34	35	
	21	20			28	26	
199	18	24	194		22	27	
	23	21			45	38	
	22	22			43	54	
	26	22			37	42	
	26	21			41	44	
	34	33		358	42	41	374

Summa Links.	Links.	Rechts.	Summa Rechts.	Summa Links.	Links.	Rechts.	Summa Rechts.
	37	38			54	51	
	47	54			56	64	
	49	58			71	75	
	47	43			59	49	
	56	59		518	50	49	499
	44	41			50	47	
	45	41			57	57	
	56	57			57	44	
	50	48			37	38	
477	46	40	479		31	24	
	61	48			17	23	
	37	46			10	7	
	42	30		268	9	5	245
	49	45					
	39	42					
				5740			5777

Gesammtzahl 11517

Tabelle 8. Frosch Nr. 25. ♂ Gewicht 115 grm.

Zahl der Zellen in je $^1/_{10}$ mm. Hierzu Taf. XV, Fig. E.

Summa Links.	Links.	Rechts.	Summa Rechts.	Summa Links.	Links.	Rechts.	Summa Rechts.
	23	25			76	75	
	18	20			90	100	
	24	22			74	72	
	32	31			77	82	
	32	35			79	76	
	44	40			90	91	
	50	45			84	78	
	56	49			77	67	
	65	65			75	66	
438	94	76	408	789	67	84	791
	64	64			77	50	
	64	61			62	58	
	58	50			67	71	
	60	51			65	60	
	38	53			67	59	
	39	39			83	77	
	41	62			62	62	
	57	73			66	73	
	56	65			64	68	
547	70	71	589	685	72	70	648

Summa Links.	Links.	Rechts.	Summa Rechts.	Summa Links.	Links.	Rechts.	Summa Rechts.
	73	69			45	36	
	54	48			38	37	
	39	31			41	34	
	33	26			34	30	
	28	30		364	34	34	345
	18	18			36	39	
	17	19			23	32	
	14	18			33	34	
	21	20			32	36	
314	17	15	294		34	32	
	28	34			45	47	
	25	17			38	40	
	17	21			34	38	
	20	21			42	44	
	21	20		360	43	33	375
	21	21			43	35	
	16	16			36	33	
	23	17			34	33	
	16	14			38	36	
209	22	23	204		45	44	
	20	25			44	53	
	21	18			51	47	
	23	23			31	42	
	25	25			57	55	
	23	28		429	50	52	430
	26	26			44	47	
	29	26			68	70	
	21	25			60	62	
	22	20			58	63	
229	19	19	235		54	55	
	27	24			56	64	
	18	17			54	61	
	27	25			53	45	
	15	18			75	63	
	18	12		594	72	68	598
	16	20			62	70	
	13	19			58	70	
	11	12			54	65	
	18	26			48	52	
183	20	19	192		43	49	
	33	35			44	41	
	37	36			32	27	
	37	34			22	20	
	28	32			16	14	
	37	37		383	4	9	417

Summa Links.	Links.	Rechts.	Summa Rechts.	Summa Links.	Links.	Rechts.	Summa Rechts.
	9	10			2	2	
	7	8			2	2	
	3	3			1	1	
	5	3		38	2	3	38
	4	4			1	0	
	3	2			1	1	
				5564			5567

Gesammtzahl 11131

Betrachten wir unsere Tabellen oder besser noch die Figuren, so sehen wir sofort, dass die grösste Masse der Zellen in zwei Hauptgruppen liegt, entsprechend der Brachial- und Lumbalanschwellung, wie dies ja zu erwarten war. Beide sind verbunden durch das zellenarme Brustmark. Wir können demnach das Rückenmark in 3 Regionen theilen, von denen die erste dem 1. bis 3., die zweite dem 4. bis 6., die dritte dem 7. bis 10. Nerven den Ursprung giebt. Jede dieser Regionen wollen wir besonders betrachten. Die Region des 1. bis 3. Nerven enthält von allen dreien die grösste Zahl der Ganglienzellen, indem sie fast die Hälfte der gesammten Ganglienzellen des Rückenmarkes umfasst.

Es enthält nämlich

Tabelle 9.

bei Frosch Nr.	49	18	12	36	25	42
Die Brachialregion:	2076	2828	3204	4061	5306	5104
Das ganze Mark:	4871	6760	6892	8478	11031	11217
Die Brachialregion in % der Gesammtzahl:	44·6	41·6	46·8	47·7	47·0	44·2

Die Länge dieses Theils des Rückenmarks ist nicht entsprechend der Zahl der Zellen, es beträgt bei

Tabelle 10.

Frosch Nr.	49	18	36	25	43
Länge des Rückenmarks in Millim.:	4·1	7·6	11·6	13·9	14·7[1]
Länge der Brachialregion:	1·2	2	3·5	4	4·8
in % der Gesammtlänge:	29·2	26·3	30·1	31·7	32·7

[1] Es ist unter Gesammtlänge nur die Länge des zellenführenden Theils des Rückenmarks verstanden, sonst würde der Procentsatz noch geringer. Die Zahlen beziehen sich auf das gehärtete Rückenmark.

Die Zellen liegen also, wie aus diesen Zahlen hervorgeht, in der Brachialregion entsprechend dichter zusammen. (Es verdient übrigens an dieser Stelle bemerkt zu werden, dass der Querschnitt der grauen Substanz nicht etwa wie beim Menschen und vielen Säugern in dieser Region eine Anschwellung zeigt. Aus den Dimensionen der grauen Substanz kann man beim Frosch keinen Schluss auf die Zahlen der Zellen ziehen.)

Eine weitere Eigenthümlichkeit der Brachialregion ist es, dass die Zellen in ihr sehr regelmässig vertheilt sind. Die Zahl derselben in jedem $^{1}/_{10}{}^{mm}$ Abschnitt nimmt auf beiden Seiten gleichmässig bis zu einem Maximum zu und fällt dann wieder ab. Der Abfall ist rascher als das Ansteigen und dies gestattet die Grenze dieser Region gegen die folgende mit ziemlicher Sicherheit zu bestimmen, da die folgende Region im Beginn ein Beharren auf der gleichen Zahl zeigt. Diese Eigenthümlichkeit der 1. Region beruht auf dem Verhalten der aus ihr entspringenden Nervenfasern, welche mit Ausnahme der unteren Portion des 3. Nerven unter rechten Winkeln von ihr ausstrahlen. Die Fasern der unteren Portion des 3. Nerven steigen auf, um, zusammen mit der oberen Portion, nahe dem 2. Nerven das Rückenmark zu verlassen. Dieses Aufsteigen trägt natürlich noch mehr dazu bei, um das Gebiet dieses Nerven gegen das des 4. Nerven abzugrenzen. Viel schwerer, ja in den meisten Fällen unmöglich, ist die Abgrenzung der 2. von der 3. Region. Die beiden Regionen zusammen

enthalten bei Frosch	49	18	12	36	25	42
	55·3	58·3	53·4	51·9	52·9	55·7

$^{0}/_{0}$ der Gesammtzahl der Zellen des Rückenmarks.

Wieviel davon auf die 2. Region kommt, ist nicht mit Sicherheit zu bestimmen, denn die Lumbalnerven entspringen unter einem spitzen Winkel, ihre Fasern strahlen auf einer langen Fläche in das Rückenmark ein und wie hoch sie in die 2. Region hinaufgehen, um ihre Ganglienzellen zu finden, lässt sich nicht bestimmen. Im Allgemeinen lässt sich von der 2. Region sagen, dass ihre Zellen ziemlich regelmässig vertheilt sind. Die An- und Abschwellungen, welche uns die Figuren in der Zahl der Zellen zeigen, scheinen keinem bestimmten Gesetze zu gehorchen, namentlich lässt sich ausser in Figur *E* keine Beziehung zu dem Austritt des Nerven erkennen. Der Beginn der Lumbalregion wird jedenfalls gekennzeichnet durch die Zunahme in der Zahl der Ganglienzellen, welche zu einem Maximum fortschreitet, das nahe dem Ende der Lumbalregion gelegen ist. Von diesem Maximum fällt die Zahl rasch ab, und oft endigt die Zellensäule in einer Art Faden, der sich noch über $^{1}/_{2}{}^{mm}$ verlängert. Zwei Punkte sind hier von Interesse. Erstens die Lage des Maximums und zweitens der steile Abfall gegen das Ende. Wir können daraus einige Anhaltspunkte für das Verhalten der Zellen zu ihren Fasern gewinnen. So bin ich z. B., wie aus dem folgenden

Kapitel hervorgehen wird, für den Frosch Nr. 43 auch im Besitz einer Zählung der motorischen Fasern. Dieser Frosch zeigt eine aussergewöhnlich grosse Zahl von Fasern in der vorderen Wurzel seines 10. Nerven. Bei ihm liegt nun, wie aus Figur *E* hervorgeht, das Maximum der Zahl der Ganglienzellen aussergewöhnlich weit hinten. Die Verschiedenheit in der Lage des Maximums bei Nr. 49 und 18 gegenüber 25 und 36 ist auffallend genug, jedoch da bei diesen Fröschen die motorischen Fasern nicht gezählt wurden, ist es unmöglich, die Ursache dieser Verschiedenheit zu ergründen. Wenn wir aber der Verschiedenheit in der Stärke der Wurzeln eines Plexus uns erinnern, so wird es uns wahrscheinlich erscheinen, dass diese Variation abhängt von jener in der Lage des Maximums. Im Allgemeinen mag bemerkt werden, dass das Maximum in der Regel der Eintrittsstelle des 8. Nerven gegenüberliegt.

Diese Betrachtung hat uns der interessanten Frage nahe gebracht, welche Beziehung wir zwischen der Vertheilung der Ganglienzellen und dem Ursprung der Nerven finden können? Solche Fälle wie der oben erwähnte bei Frosch 43 lassen uns vermuthen, dass eine ganz nahe Beziehung existirt.

Im Allgemeinen zeigt ja schon die Gruppirung der Ganglienzellen zu zwei Maximen, die den Austrittsstellen der faserreichsten Nerven entsprechen, dass die Ganglienzellen im Allgemeinen nicht weit von den Austrittsstellen der zugehörigen Wurzelfasern entfernt liegen. Aber nur bei einzelnen Fröschen gelingt es, scharfe Belege hierfür beizubringen, so in dem erwähnten Fall 43, wo die grössere Zahl von Fasern des 10. Nerven das Herabrücken der entsprechenden Zahl von Ganglienzellen im Rückenmark bedingt, so ferner bei Frosch 25, wo, wie aus Figur *D* hervorgeht, den Eintrittstellen des 7., 8., 9. Nerven drei entsprechende Anschwellungen in der Zahl der Ganglienzellen gegenüberstehen.

Auch die Anschwellungen in der Dorsal- und Brachialregion erwecken überall die Vermuthung, durch das Eintreten der Nerven bedingt zu sein, aber sie sind nicht genügend genau zu diesen topographisch orientirt, um dies beweisen zu können. Eine grosse Schwierigkeit liegt an und für sich in der Bestimmung der Eintrittsstelle der Nerven. Namentlich in der Lumbalregion setzen sich die Nerven in langer Fläche an und oft sind die Ursprungsbündel zweier auf einander folgenden Nerven durch keinen erkennbaren Zwischenraum getrennt. Es liegt aber nicht bloss in den Fehlern der Beobachtung, wenn es nicht überall gelingt, an der Eintrittsstelle der Nerven die entsprechende Ganglienzellenanhäufung zu entdecken. So zeigen die Längsschnitte, dass die Fasern des 3. Nerven in dem Rückenmark aufsteigen, um zu ihrer Wurzel zu gelangen, ebenso steigen wahrscheinlich Fasern zum 10. Nerven auf von den in dem untersten Theile des Markes gelegenen Zellen, andere zum 7. Nerven ab. Es ist offenbar auch auf die Platzverhältnisse im Rückenmark Rücksicht zu

nehmen, und deshalb sind Ganglienzellen, die zur Brachial- resp. Lumbalanschwellung gehören, aus dieser herausverlegt. An Längsschnitten werden diese Verhältnisse sich noch eingehender studiren lassen.

Bevor ich dieses Kapital verlasse, möchte ich noch die Frage berühren, wie sich denn die Zahl der Ganglienzellen zur Länge des Rückenmarks verhalte. Da beide mit dem Gewichte resp. der Grösse des Frosches zunehmen, so könnte man vielleicht glauben, dieselben seien einander proportional. Doch ist dies keineswegs der Fall, wie die folgende Tabelle 11 zeigt:

Bezeichnung des Frosches	49	18	36	25	43
Länge des zellenführenden Theils des Rückenmarks in Millimet.	4·1	7·6	11·6	13·9	14·7
Zahl der Zellen	4871	6760	8539	11131	11517
Zahl der Zellen auf 1 Millimet. Länge	1189	905	736	800	783

Man sieht, dass die Zahl der Zellen auf 1 mm mit zunehmender Länge abnimmt, d. h. das Rückenmark streckt sich rascher, als die Zahl der Zellen zunimmt.

Wie überall, beziehen sich die Längenangaben auf das gehärtete und eingebettete Rückenmark, unter Nichtberücksichtigung des zellenlosen Schwanzendes. Für die Vergleichbarkeit der Zahlen unter einander sollte dies keinen Unterschied machen, da die Behandlung des Rückenmarks überall die gleiche war. Doch mag eine Unregelmässigkeit, wie sie bei der Behandllung immerhin vorkommen kann, die Ursache sein, dass das Rückenmark von 36 aus der Reihe fällt. Seine Zahlen sollten höher sein, sie sollten zwischen 905 und 800 liegen. Wir können aus den Zahlen jedenfalls mit grosser Wahrscheinlichkeit schliessen, dass eine bestimmte Beziehung zwischen der Längenzunahme des Rückenmarkes und der Vermehrung der Ganglienzellen existirt, eine Beziehung, die aber complicirter ist, als die einfache Proportionalität.

Ein anderer Punkt von Interesse ist noch die Vergleichung der Anzahl von Zellen, welche in verschiedenen Abschnitten des Rückenmarks auf einen Millimeter kommen.

Es zeigen unsere Figuren, dass

Tabelle 12.

bei Frosch	49	36	42
sich finden auf 1 Millimet. der Brachialregion	1730	1160	1063
auf 1 Millimet. der Lumbalregion	1352	791	784

Die Zellen liegen also viel dichter in der Brachialregion, als in der Lumbalregion. Die Lumbalregion ist gestreckter, offenbar, weil die Nerven

aus ihr unter spitzem Winkel abgehen. Gleichzeitig erkennt man aus der Zusammenstellung, dass der Unterschied mit zunehmender Grösse des Frosches sich auszugleichen bestrebt ist, denn Frosch 49 wiegt $1^1/_2$, 36 = 67 und 42 = 111^{grm}; bei 49 beträgt die Differenz 478 Zellen, bei 42 deren 279.

Das liefert uns eine Ergänzung zu dem bereits aus der vorigen Tabelle erkannten Wachsthumsgesetz. Das ganze Rückenmark streckt sich rascher, als die Zellen zunehmen, aber diese Streckung erfolgt in der Brachialregion in doppelt so raschem Tempo (Abnahme der Zellen auf 1^{mm} um 667) als in der Lumbalregion (Abnahme der Zellen um 468). Dieses Verhältniss spiegelt sich auch in den äusseren Formen des Rückenmarks wieder. Dasselbe hat bei einem ganz jungen Frosch die Form eines Kegels, der mit der Basis in die Med. oblong. übergeht. Mit zunehmendem Alter geht diese Form mehr und mehr in einen Cylinder über.

III. Beziehungen der motorischen Zellen zu den vorderen Wurzelfasern.

Vergleicht man die in den beiden vorausgegangenen Abschnitten gefundenen Werthe für die motorischen Wurzelfasern und die motorischen Zellen untereinander, so sieht man sofort, dass es sich um Werthe von einerlei Ordnung handelt.

Tabelle 1.

Der kleinste Werth f. mot. Fasern ist 5984, d. grösste 11468, wie Tab. 2 Abschn. I
„ „ „ „ „ Zellen „ 4871 „ „ 11517 „ „ 1 „ II

Die Grenzen, innerhalb deren die Werthe schwanken, sind also dieselben, und wir wissen ferner, dass die Variable, von der sie beide abhängen, dieselbe ist, nämlich das Gewicht des Frosches. Wir haben ferner gesehen, dass die Vertheilung der Zellen in dem Rückenmark bedingt wird durch das Einstrahlen der Nerven, so dass wir an unseren Curven der Vertheilung die Eintrittsstelle des Nerven als Anschwellungen erkennen konnten. Abgesehen von allen übrigen physiologischen und histologischen Gesichtspunkten, auf deren Discussion einzugehen nicht in dem Plane dieser Abhandlung liegt, machten diese Resultate es bereits wahrscheinlich, dass jeder motorischen Faser eine motorische Zelle entspräche. Ich hatte mir jedoch vorgenommen, in dieser Frage den grössten, auf dem von mir eingeschlagenen

Wege erreichbaren Grad von Gewissheit herbeizuführen, und dazu war es nothwendig, bei demselben Frosch die motorischen Zellen und die motorischen Fasern zu zählen. Dies gelang bei dem Frosch Nr. 42, von dem die Daten bereits in den beiden vorhergegangenen Abschnitten benutzt sind. Es wurde gezählt die Zahl der in seinen 10. motorischen Wurzeln enthaltenen Fasern (von jedem Nervenpaar wurde nur eines gezählt) und als Ergebniss

gefunden . . . . 5734. Vergl. Tab. 6, Abschn. I

Ferner wurden gezählt:

Die Ganglienzellen seiner rechten Rückenmarkshälfte und gefunden . . . . 5777 „ „ 6, „ I

Die Ganglienzellen seiner linken Rückenmarkshälfte und gefunden . . . . 5740 „ „ 11, „ I

Die Differenz in der Zahl der Nervenfasern gegen die Zahl der Zellen auf der rechten Seite beträgt also 43

linken „ „ „ 6

d. h. die Differenz beträgt noch nicht 0·8 % der Gesammtzahl, und sie ist kleiner oder ebenso klein als die Differenzen die zwischen den beiden Hälften des Rückenmarks stattfinden. Diese Uebereinstimmung berechtigt mich daher zu dem Satze, dass im Froschrückenmark für jede vordere Wurzelfaser eine Ganglienzelle in der beschriebenen Zellgruppe der Vorderhörner vorhanden ist.

Nicht alle Zählungen aber ergeben, wie ich gleich bemerken will, ein so genau übereinstimmendes Resultat. Ich habe einen so wichtigen Satz nicht auf eine einzige Zählung stützen wollen und daher eine Anzahl von gleichzeitigen Zählungen der Fasern und Zellen ausgeführt. Bei drei Fröschen ist dieselbe gelungen und die Resultate sind die folgenden:

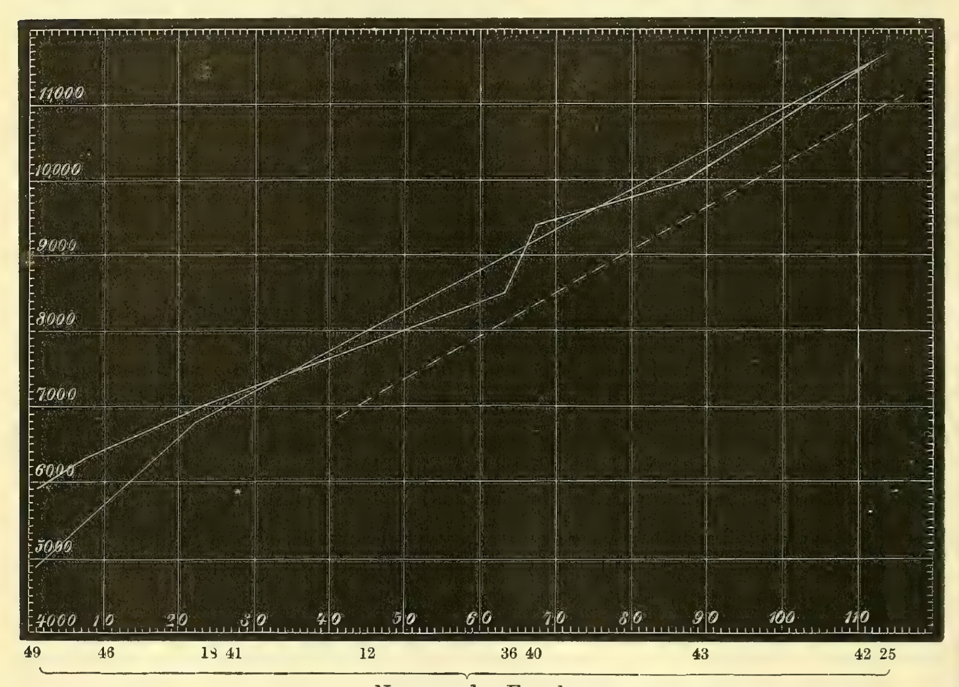
Tabelle 2.

Frosch	Nr. 49	36	42
Motorische Wurzel-Fasern der einen Seite .	„ 2992	4283	5734
Ganglienzellen auf der rechten Seite . . .	„ 2457	4240	5777
Differenz	„ + 535	+ 43	− 43

Während also die Zählungen der Frösche 36 und 42 genau dieselbe Uebereinstimmung ergaben,[1] zeigte sich bei 49 eine Differenz von 535 Fasern zu viel,

[1] Dass die Differenz in dem einen Fall positiv, in dem anderen negativ ist, scheint zu beweissen, dass sie einen Fehler darstellt.

bez. Zellen zu wenig. Dies Resultat überraschte mich. Bei der Genauigkeit, welche meine Methoden gestatteten, war ein so grosser Fehler nicht denkbar, um so mehr, als mir ein wiederholtes Durchzählen meiner Praeparate keine wesentliche Aenderung derselben ergab. Es musste daher ein wirklicher Grund für diese Differenz vorliegen und ich vermuthete, dass derselbe in der Kleinheit des Frosches 49, welcher nur $1^1/_2$ grm wog, lag. Einen Anhaltspunkt bot hierfür der Vergleich der Zahlen, welche bei je einem 22 und 23 grm schweren Frosch gewonnen wurden. Bei dem ersteren waren die Ganglienzellen, bei dem letzteren die Nervenfasern gezählt worden. Es wäre zu erwarten gewesen,



Nummer des Frosches.

Die starke ausgezogene Linie bedeutet die Zahl der motorischen Nervenfasern, die schwache die Zahl der Ganglienzellen, die nur angedeutete Linie die Zahl der Zellen bei Frosch 12 und 25 bei denen nur grosse Zellen gezählt wurden. Man sieht, dass die letztere unter der Hauptlinie aber parallel mit ihr verläuft.

dass die Zahlen nahezu übereinstimmten, doch ergab sich auch hier ein ansehnliches Plus für die Nervenfasern, nämlich 3524 gegen 3375 Ganglienzellen. Dies veranlasste mich, die Curven der Abhängigkeit der Ganglienzellen bez. Nervenfasern von den Gewichten zu construiren und mit einander zu vergleichen. Trägt man als Abcissen die Gewichte, als Ordinaten die Zahl der Nervenfasern bez. Ganglienzellen auf, wie in Fig. 1, so hat man den Vortheil,

dass man die beiden Zahlen für dasselbe Thier auch da vergleichen kann, wo nur die eine derselben ermittelt wurde, weil die Curve eben den fehlenden Werth interpolirt. Man kann auf diese Weise das gesammte Material benutzen. So sieht man, dass Nr. 18 bei einem Gewicht von 22 ^{grm} hätte 7100 Ganglienzellen haben sollen, während nur 6800 gezählt wurden u. s. f. Die Curve der Nervenfasern verläuft im Anfang über der der Ganglienzellen, fällt aber bald mit ihr zusammen. Ich glaube nun nicht, dass in der That bei kleinen Fröschen mehr Nervenfasern vorhanden sind, sondern ich glaube, dass dies Resultat dadurch zu Stande kommt, dass die Zähllung nur bei grösseren Fröschen wirklich genau ist. Schon bei der Zählung der Nervenfasern hob ich hervor, dass bei kleinen Fröschen die Zahl der schmalen, und deshalb unsicher markhaltigen, Fasern grösser ist, als bei grossen. Die durchschnittliche Grösse des Elementes ist geringer. Dasselbe gilt von den Ganglienzellen. Auch unter diesen giebt es mehr kleine, unsichere. Aber während wir in der Osmiumsäure für die Nervenfasern ein Reagens haben, welches gestattet, auch noch ganz kleine mit Sicherheit zu erkennen, ist man bei sehr kleinen Ganglienzellen oft nicht im Stande, sie von den massenhaft im Rückenmarke junger Frösche vorkommenden Zellen von embryonalem Charakter zu scheiden, um so mehr, da bei kleinen Fröschen die Gruppe der motorischen Zellen noch nicht so scharf gesondert hervorgehoben ist, wie bei alten. Daher ist es wahrscheinlich, dass die Zählung der Ganglienzellen bei kleinen Fröschen eine zu geringe Zahl giebt und ich glaube, man ist berechtigt, den Satz, dass für jede motorische Faser eine motorische Zelle vorhanden ist, auch auf kleine Frösche auszudehnen und die für diese Frösche ermittelten Zahlen der Nervenfasern als die richtigen anzusehen.

Unter diesen Umständen ist es natürlich erlaubt, die früher ermittelten Sätze über die Beziehung zwischen Muskelgewicht und Zahl der Nervenfasern auch auf die motorischen Ganglienzellen auszudehnen.

Natürlich wird man nun geneigt sein, weiter zu gehen und zu fragen, ob die Aufgabe, zu jeder beliebigen motorischen Nervenfaser die zugehörige Ganglienzelle zu finden, auf diesem Wege gelöst werden könne. Hält man die Erfahrungen aus dem letzten Kapitel, dass in der Nähe des Einstrahlens der Nervenwurzeln in's Rückenmark jedesmal entsprechende Anhäufungen von Nervenfasern liegen, mit der jetzt gewonnenen Ueberzeugung zusammen, dass zu jeder Faser eine Zelle gehört, so ergiebt sich die Wahrscheinlichkeit, dass die zugehörige Zelle nicht weit von der Eintrittsstelle der Faser in's Rückenmark liegt. Wir können dies noch einer näheren Prüfung unterwerfen, indem wir die Zahl der Zellen in den einzelnen Regionen mit den daraus entspringenden Nerven vergleichen.

Tabelle 3.

Frosch No.	36	42
Zahl der Fasern im 1. bis 3. Nerven	4578	6122
Zahl der Zellen in der Brachialregion	4061	5104
Differenz	−517	−1018
Zahl der Fasern im 4. bis 10. Nerven	4088	5346
Zahl der Zellen in der Dorsal- und Lumbalregion	4478	6413
Differenz	+390	+1067
Zahl der Fasern der drei Nervenpaare	962	1576

Diese Tabelle zeigt uns, dass wir in der Brachialregion zu wenig, in der Dorsal- und Lumbalregion zu viel Zellen haben, um die entsprechenden Nervenfasern zu versorgen. Ein Theil der Zellen, welche zu den Fasern des 1—3. Nerven gehören, müssen also nicht in der Brachialregion, sondern in der Dorsalregion liegen. Ich bemerkte bereits früher, dass an Längsschnitten aufsteigende Fasern gesehen werden, welche zu der Wurzel des 3. Nerven hingehen.

Es ist also wahrscheinlich, dass es Zellen sind, die zu Fasern des 3. Nerven gehören, welche nicht in der Brachialregion, sondern unterhalb jenes Punktes[1] an dem in unseren Figuren die Brachialanhäufung aufhört, gelegen sind. Nun muss bemerkt werden, dass der 3. Nerv nur mit einem Theil seiner Fasern an dem Plexus brachialis sich betheiligt, mit einem anderen Theil Rumpfmuskeln versorgt, ebenso wie der darauffolgende 4. 5. und 6. Daher könnte es wohl sein, dass die Zellen, die zu jenen Fasern gehören, welche Rumpfmuskeln versorgen, in dem dorsalen Theile des Markes liegen.

Wir können nun weiter prüfen, ob die Lumbalregion die Zellen enthält, welche zum 7., 8., 9. und 10. Nerven gehören. Zählen wir die Fasern, welche die sechs ersten Nerven enthalten, zusammen, so erhalten wir bei 36 = 5236, bei 42 = 7040. Nehmen wir in den Figuren, welche uns die Vertheilung der Ganglienzellen in dem Rückenmark dieser beiden Frösche darstellen von obenher die entsprechende Zahl von Ganglienzellen weg, so treffen wir auf den in den Fig. C. (Taf. XIV) und Fig. E. (Taf. XV) mit *d* bezeichneten Punkt, d. h. auf eine Stelle in der zellenarmen Region kurz vor Beginn der Lendenanschwellung. Es beziehen also die Lumbalnerven ebenfalls eine Anzahl Fasern von oberhalb der Lendenanschwellung, welche also auf Längsschnitten absteigend angetroffen werden müsste. Wir gelangen demnach zu der Anschauung, dass die motorischen Zellen wahrscheinlich in drei Gruppen zu theilen sind. Die erste Gruppe liegt in der Brachialanschwellung und

[1] Frosch 49 ist hier weggelassen, weil, aus den oben auseinandergesetzten Gründen, die Zahl der Ganglienzellen bei seiner Kleinheit unsicher ist.

umfasst die Zellen aus denen der erste, zweite und derjenige Theil der dritten hervorgeht, der sich am Armplexus betheiligt. Die zweite Gruppe liegt im Dorsalmark und versorgt die Rumpfmuskelnerven, d. h. den 4. 5. 6. und einen Theil des 3. Die 3. Gruppe liegt in der Lumbalanschwellung und unmittelbar darüber und versorgt den Plexus lumbalis und den 10. Nerven. In Bezug auf Aeste des 1. des 7. und des 10. Nerven bleibt hierbei manches zweifelhaft; indessen scheint es mir nicht rathsam, diese Frage hier schon weiter zu verfolgen, da zu Lösung derselben doch noch andere Methoden, namentlich das Experiment und das Studium der Längsschnitte herangezogen werden müssen.

IV. Die sensorischen Fasern des Frosches.

Die Resultate, welche durch die Zählung der motorischen Fasern und Zellen erreicht wurden, erregten natürlich den Wunsch, auch für die sensorischen Fasern, in Bezug auf deren Verhältnisse zu den Ganglienzellen unsere Kenntnisse noch viel mehr im Dunkeln sind, eine ähnliche Arbeit durchzuführen. Leider liegen bei dem Frosch die Verhältnisse hierfür sehr ungünstig. Die Zellen der Hinterhörner sind keineswegs leicht definirbar; man ist nur bei verhältnissmässig wenigen sicher, dass man es mit Ganglienzellen zu thun hat, bei den meisten bleibt man zweifelhaft, und von dem Hervortreten einer markirten Gruppe ist nicht die Rede. Ebensowenig ermuthigten die Intervertebralganglien zu einer Zählung der in ihnen enthaltenen Zellen. Während des Verlaufs meiner Untersuchungen erschien die Arbeit von Freud, welchem es gelang an Petromyzon die Zellen in dem Intervertebralganglion, die zu- und austretenden Fasern, und die Zahl der Zellen in dem entsprechenden Abschnitt der Hinterhörner zu bestimmen. Aber so sehr die interessanten Resultate, zu denen Freud in Bezug auf den Petromyzon gelangt, mich anfeuerten, — für den Frosch lässt sich mit Hülfe der mir zur Verfügung stehenden Methoden noch zu keiner Aufklärung über das Verhältniss von sensiblen Fasern zu sensiblen Zellen kommen. Ich musste mich vorläufig damit begnügen, die Zahl der Fasern, welche in den hinteren Wurzeln der sämmtlichen Spinalnerven des Frosches sich finden, festzustellen. Dieselben wurden bei zwei Fröschen gezählt und ergaben folgende Resultate:

Tabelle 1.

No. des Frosches.	Spinalnerv:	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Summa
41	Zahl der Fasern:	78	1230	143	185	188	176	470	737	547	27	3781
36	„	124	1649	264	193	224	184	562	1101	903	41	5335

Diese Zahlen gewinnen ausserordentlich an Interesse, wenn wir sie vergleichen mit den entsprechenden Zahlen der motorischen Fasern. Es wurden nämlich bei denselben Fröschen auch die vorderen Wurzeln durchgezählt und ich will nun die beiden Zahlenreihen in Parallele stellen.

Tabelle 2.

	Frosch 41, Gewicht 23 grm		Frosch 36, Gewicht 63 grm	
	motor. Fasern	sensor. Fasern	motor. Fasern	sensor. Fasern
I	652	78	783	124
II	1098	1230	975	1649
III	226	143	481	264
IV	119	185	106	193
V	92	188	114	224
VI	137	176	159	184
VII	137	470	142	562
VIII	501	737	870	1101
IX	450	547	441	993
X	112	27	212	41
Summa:	3524	3781	4283	5335

Wir sehen, dass die Gesammtzahl der sensorischen Fasern grösser ist, als die der motorischen. Die Zahl der ersteren scheint ausserdem rascher mit dem Körpergewicht zuzunehmen, als die der letzteren; wenigstens ist die Differenz bei dem schwereren Frosch grösser als bei dem kleineren. Zwei Zählungen sind indess zu wenig, um sich hierüber zu vergewissern, immerhin muss man sich erinnern, dass die Zahl der sensorischen Fasern nicht wie die der motorischen zu der Muskelmasse in einer directen Beziehung steht, sondern wahrscheinlich wesentlich von der Körperoberfläche abhängt.[1]

---

[1] Nach den Querschnittmessungen der vorderen und hinteren Wurzeln durch Stilling, Kölliker u. A. konnte man schon erwarten, dass die Zahl der Nervenfasern in den hinteren grösser sein müsse. Stilling giebt sogar schon die Gesammtsumme der Fasern sämmtlicher Wurzeln des Menschen an. Er gelangt jedoch zu diesen Zahlen nicht durch wirkliche Zählung, sondern durch ein Verfahren, welches so ungenau ist, dass ich diese Zahlen für ganz willkürliche halte. Er zählt in einem Felde von gegebener Grösse die Zahl der Fasern in der vorderen Wurzel und findet im Mittel 133 Fasern, ebenso in der hinteren Wurzel im Mittel 448, und multiplicirt diese Zahlen mit dem ausgemessenen Gesammtquerschnitt der Wurzeln. Diese Methode ist unzulässig weil 1. das gezählte Feld so klein ist, dass jeder Fehler mit mehr als 3000 multiplicirt in die Gesammtzahl eingeht; 2. weil die Grösse des Querschnitts der Fasern ausserordentlich variabel ist, sodass man nicht aus einem Feld auf alle Wurzeln schliessen kann. Die Grenzen der Querschnittsgrössen, welche Stilling angiebt, zeigen, dass ihm diese

Ferner zeigt sich, dass nur bei dem 1., 3. und dem 10. Spinalnerven die vordere Wurzel die hintere an Zahl der Fasern überwiegt, hier aber ganz wesentlich, so dass diese Nerven vorwiegend motorische Fasern erhalten. In allen übrigen Nerven überwiegt die hintere Wurzel und unter ihnen scheint der 7. Spinalnerv mit einem Verhältniss von 137 zu 470 bez. 142 zu 562 vorwiegend sensibel zu sein.

Um diese Zählungen zu vervollständigen, und gleichzeitig auch eine Controle zu geben, wurden neben den Fasern der Wurzeln auch die der zugehörigen Stämme dicht hinter der Vereinigung der beiden Wurzeln gezählt. Ich gebe die Zahlen nebeneinander in der folgenden Tabelle:

Tabelle 3.

	Nr. 41. ♂ Gewicht. 23 gr.				Nr. 36. ♀ Gewicht. 63 gr.			
Nerv	motor. Fasern	sens. Fasern	Summa	Stamm	motor. Fasern	sens. Fasern	Summa	Stamm
I	652	78	720	718	783	124	907	908
II	1098	1230	2328	2353	975	1649	2624	3041*
III	226	143	369	370	481	264	745	749
IV	119	185	304	301	106	193	299	297
V	92	188	280	279	114	224	338	339
VI	137	176	313	314	159	184	343	341
VII	137	470	608	607	142	562	704	703
VIII	501	737	1238	1243	870	1101	1971	1955
IX	450	547	997	1001	441	993	1434	1633*
X	112	27	139	141	212	41	253	253
Summa	3524	3781	7295	7325	4283	5335	9618	

Mit zwei Ausnahmen ist, wie man sieht, die Summe der Wurzelfasern der der Stammesfasern bis auf kleine, den Zählungsfehlern entsprechende, Differenzen gleich. Somit ist sicher, dass ebensoviel Fasern aus dem Ganglion in die hintere Wurzel übergehen, als in dasselbe eintreten. Wir dürfen demnach schliessen, dass keine Fasern in unipolaren Zellen des Ganglions endigen, wenn wir nicht die Annahme machen wollen, dass für jede solche Zelle, in der eine aus dem Stamm kommende Faser endet, eine andere unipolare Zelle existirt, welche eine Faser in die hintere Wurzel

Variabilität gar nicht genügend bekannt war, wohl aus Unkenntniss der Osmiummethode. 3. weil die Gesammtquerschnitte der Wurzeln nicht allein aus Nervenfasern bestehen, sondern Bindegewebe, Blut- und Lymphgefässe und Zwischenräume in ganz unbestimmbarer Weise enthalten.

abgiebt. Aber selbst, wenn man diese letztere gezwungene Annahme machen wollte, würde man gezwungen sei, einen Rapport zwischen diesen beiden unipolaren Zellen anzunehmen und diese beiden verbundenen unipolaren Zellen, von denen die eine ihre Verbindung mit dem Stamme, die andere ihre Verbindung mit der hinteren Wurzel hat, würden ja auch nur das Aequivalent einer bipolaren Zelle sein.

Auch multipolare Zellen, d. h. Zellen mit multiplen Axencylinderfortsätzen, scheinen ausgeschlossen, denn auch ihre Anwesenheit ist nur möglich, wenn für jeden zweiten Fortsatz, der in einer Richtung von einer Zelle abgegeben wird, eine von der anderen Richtung herkommende Nervenfaser in einer Zelle endigte. Zellen, welche in jeder Richtung mehrere aber gleichviel Axencylinderfortsätze haben, sind allerdings denkbar, aber solche sind eben nur als verschmolzene bipolare Zellen aufzufassen, wie sie Freud, der solche beim Petromyzon fand, ja auch richtig gedeutet.

Kurz, der Befund der Gleichheit der Zahl der Wurzelfasern mit der des Stammes führt zu dem Schlusse, dass die sensiblen Fasern entweder ohne Verbindung mit den Zellen durch das Ganglion hindurchtreten oder dass sie durch bipolare Zellen, bez. denselben äquivalente Zellen, unterbrochen werden. Für den Petromyzon hat Freud das gleiche Resultat durch directe Zerzupfung des Ganglion gefunden. Meine Zählungen sind freilich nicht die ersten, welche zu diesem Resultate führen. Bereits Holl und Stiénon haben je für ein Ganglion gleiche Zählungen angestellt und sind zu dem gleichen Resultate gekommen, und ebenso haben Ranvier, Retzius und Stiénon durch die Aufklärung, welche sie über die bipolare Natur der seitlich den Nervenfasern ansitzenden Ganglienzellen (*Les tubes en T* von Ranvier) die Frage bereits geklärt. Doch glaube ich, dass eine solche für das ganze Spinalnervensystem des Frosches durchgeführte Vergleichung der Wurzel- und Stammesfasern unseren Anschauungen eine grössere Sicherheit verleiht.

Nicht ganz übergangen werden können die beiden Ausnahmen bei dem 2. und 9. Spinalnerven des Frosches 36. Hier hat beide Male der Stamm erheblich mehr Fasern, als die beiden Wurzeln zusammengenommen. Auf Zählfehlern beruhen dieselben sicherlich nicht, dagegen habe ich mich durch wiederholtes Durchzählen geschützt. Auch verleiht die gute Uebereinstimmung der übrigen Zählungen diesen beiden grossen Abweichungen ein besonderes Relief. Ich halte es für das plausibelste, anzunehmen, dass in einzelnen Fällen, vielleicht aus pathologischen Ursachen, das normale Verhältniss gestört werden könne, so dass Faserbündel im Ganglion wirklich enden. Untersuchungen über diese Hypothese anzustellen liegt unserem heutigen Standpunkt der Kenntniss noch ferne.

Mit den vorliegenden Thatsachen schliesse ich das Inventar, welches ich von dem Nervensystem des Frosches aufgenommen habe, ab; eine Ver-

vollständigung desselben schien mir namentlich nach zwei Richtungen hin wünschenswerth und möglich, nämlich in Bezug auf 1. die Vertheilung der Nervenfasern in die einzelnen peripherischen Bezirke und 2. das Verhältniss der Zahl der in den Wurzeln aus dem Rückenmark ein- und austretenden Fasern zu der Zahl der Fasern in verschiedenen Rückenmarksquerschnitten, eine Arbeit, die bekanntlich Stilling seiner Zeit unternommen hat, jedoch mit Methoden, die keine genaueren Resultate geben konnten. Die Beschränktheit meines Aufenthaltes in Europa gestattete mir jedoch nicht, diese Ziele weiter zu verfolgen.

Verzeichniss der erwähnten Abhandlungen.

1. B. Stilling, *Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarkes.* Kassel 1857—1859.

2. Gaule, *Dies Archiv.* 1881. S. 153.

3. S. Freud, Ueber Spinalganglien und Rückenmark des Petromyzon. *Wiener Sitzungsberichte.* B. LXXVIII. Abthlg. III.

4. M. Holl, Ueber den Bau der Spinalganglien. *Wiener Sitzungsberichte.* Bd. LXXVIII. Abthlg. III.

5. Stiénon, Recherches sur la structure des Ganglions spinaux etc. *Annales de l'Univ. libre de Bruxelles.* 1880.

6. Ranvier, *Des tubes nerveux en T etc.* Comptes rendus etc. T. LXXXI.

7. A. Key und G. Retzius, *Studien in der Anatomie des Nervensystems und Bindegewebes.*

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XIV und XV.

Die Figg. *A* bis *E* sind eine graphische Darstellung der auf S. 459—468 mitgetheilten Tabellen. Dort ist angegeben, wie viel Ganglienzellen in Abschnitten des Rückenmarks von je $^1/_{10}$ mm Länge enthalten sind. In den Figuren ist die mit 0 bezeichnete Verticallinie als Abscisse gewählt und dieselbe in so viel Einheiten eingetheilt, als das Rückenmark Abschnitte von der angegebenen Länge enthält. Auf jeder dieser Einheiten sind zwei Ordinaten errichtet, eine rechte und eine linke, welche die Zahl der in diesem Abschnitt, und zwar in der entsprechenden Rückenmarkshälfte, enthaltenen Ganglienzellen darstellt. Die Verbindungslinie der Gipfelpunkte aller dieser Ordinaten giebt also die Vertheilung der Ganglienzellen in je einer Rückenmarkshälfte und zwar beginnt die Figur oben mit der Spitze des Calamus scriptorius und endigt unten im Schwanzfaden. Die Abscisse ist vertical gestellt, damit die Figur das Unten und Oben, das Rechts und Links im Rückenmark wiederhole. Je ein Intervall der Horizontallinie des die Figuren durchziehenden Netzes bedeutet 5 Einheiten der Abcisse, also $^5/_{10}$ mm Länge des Rückenmarks, je ein Intervall der Verticallinien bedeutet 10 Einheiten der Ordinate, also 10 Ganglienzellen. Nur in Figur *A* sind die Ordinaten ausgezogen, in den übrigen Figuren ist es leicht, sie zu ergänzen. Diese Darstellungen sollen übrigens nicht nur ein anschauliches Bild von der Vertheilung der Zellen im Rückenmark geben, sie sind auch zur genaueren Ermittelung der in den einzelnen Rückenmarksabschnitten, z. B. oberhalb oder unterhalb einer beliebigen Schnittebene enthaltenen Zellenzahlen geeignet. In Figur *E* sind die Austrittsstellen der einzelnen Spinalnerven markirt durch die mit römischen Ziffern bezeichneten Verticallinien. Fällt man von der oberen Grenze der Linie VII z. B. eine Senkrechte auf die Abscisse, so bildet die Summe der oberhalb des Fusspunktes derselben liegenden Ordinatenwerthe die Zahl der Ganglienzellen, die bis zum 7. Nerven im Rückenmark enthalten sind, und man kann diese Summe vergleichen mit der Zahl der in den 6 ersten Nerven enthaltenen Fasern. Andererseits kann man die Zahl den in den Plexus brachialis oder lumbalis oder irgend einen Nerven eingehenden Fasern sich an den Ordinatenwerthen von oben oder unten abzählen und sehen, ob man damit an einen markanten Punkt der Vertheilungscurve der Zellen gelangt. Vergl. den Text S. 474.

Ueber die Reizbarkeit der motorischen Ganglienzellen des Rückenmarks.

Von

Dr. E. A. Birge.

Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.

Wer das reizbare Rückenmark eines enthirnten Frosches in allmählichem Fortschreiten von vorn nach hinten mit einem feinen Drahte ausgebohrt oder mit einer scharfen Scheere zerstückelt hat, dem kann es nicht entgangen sein, dass die hinteren Gliedmassen Minuten hindurch in einen heftigen Tetanus gerathen, wenn der zerstörende Eingriff den Wurzeln des Plex. ischiadicus nahe gekommen. Da mittels eines glatten Scheerenschnitts oder eines feinen Nadelstichs von einem ausserhalb des Rückenmarks verlaufenden Nerven niemals eine ähnliche Erscheinung erzielt wird, so weist der Tetanus auf eine besondere Eigenschaft der Stellen des Rückenmarkes hin, aus denen die Nervenwurzeln entspringen. Weil nun an den bezeichneten Orten die Nervenfasern in Ganglienzellen übergehen, so liegt die Annahme nahe aus der Reizung derselben den Tetanus abzuleiten.

Die Bekanntschaft mit dem Bau des Froschrückenmarks, welche ich mir bei den in der vorhergehenden Abhandlung beschriebenen Beobachtungen erworben hatte und ein Apparat, den mir Hr. Professor C. Ludwig zur Verfügung stellte, bestimmten mich zu versuchen, ob die genauere Ermittlung des tetanisirenden Ortes gelingen möchte. Umfangreicher durfte ich mir die Aufgabe nicht stellen, wenn ich sie vor meiner demnächst bevorstehenden Abreise in die Heimath lösen wollte.

Zur Bewältigung derselben gehört vor Allem ein Reiz, der seine Wirkung auf ein kleinstes Gebiet einschränkt, und die Möglichkeit die Stelle des Rückenmarks, auf welchen er eintreffen soll, mit einer an das Mikro-

skopische grenzenden Genauigkeit zu bestimmen. Wie weit beides gelungen, ist aus der Beschreibung meines Verfahrens zu ersehen.

Unter möglichster Vermeidung der Blutung wurde einem enthirnten Frosche das Rückenmark blossgelegt und ihm alsdann auf einem schmalen Brettchen zwischen passend gestellten Klammern eine Lage angewiesen, in der sein Rumpf, namentlich aber seine Wirbelsäule unverrückt verharren musste. Das Brettchen wurde auf eine Messingplatte eingespannt, die in gleicher Weise wie die Mikrometertische durch feine Schrauben nach zwei aufeinander senkrechten Richtungen bewegt werden konnte. An den grossen Köpfen der Schrauben war je eine Kreistheilung eingeschnitten, mittels welcher der durch die Schraubenwindung bedingte Fortschritt der Platte bis auf $0 \cdot 01^{mm}$ abzulesen war. Da der Umfang der Verschiebung, welchen die Schrauben zuliessen, der Länge eines grossen Froschrückenmarkes gleich kam, so konnte jeder beliebige Punkt von dessen hinterer Fläche gegen eine ausserhalb befindliche Marke eingestellt werden.

Als Marke diente eine senkrecht gehaltene feinste Nähnadel aus härtestem Stahl, deren freies Ende in eine sehr dünne und platte Spitze zugeschliffen war. Die Nadel sollte aber nicht bloss hierzu, ihre Einstiche sollten auch als Reize dienen und deshalb musste sie nach einer geraden Linie zu heben und bis zu jeder beliebigen aber genau zu bestimmenden Tiefe in das Rückenmark zu senken sein. Hierzu befähigte sie eine Einrichtung, ähnlich der wie sie zur Einstellung des Mikroskopes auf das Object benutzt wird. Von dem Fussgestell des Mikrometertisches aus erhob sich hinter dem letzteren eine Stahlstange, die in passender Höhe mit einem Trieb, dessen Schraubenkopf eine Theilung trug, versehen war. Von der Hülse des Triebes erstreckt sich in horizontaler Richtung eine starke Stange, die an ihrem freien Ende zur Aufnahme eines senkrechten Stabes durchbohrt war. Der in dem Bohrloch eingesetzte und dort verstellbare Stab lief an seinem unteren Ende in eine feine Klemme aus, von welcher das stumpfe Ende der oben erwähnten Nadel festgehalten werden konnte.

Aus der Beschreibung des Apparates erhellt, dass man die Nadel an jedem beliebigen Orte des Rückenmarkes bis zu einer willkürlich gewählten Tiefe einstechen und von einer als Nullpunkt bezeichneten Stelle aus die Stiche in bestimmten Abständen wiederholen konnte. Dabei hing die Richtung, in welcher die Nadel das Mark durchstechen sollte, von der Lage ab, in welcher der Frosch auf seiner Unterlage befestigt war; je nachdem seine Rückenfläche parallel oder senkrecht zur Ebene des Mikrometertisches stand, drang die Nadel von hinten nach vorn oder von rechts nach links durch das Mark. Bei der geringen Ausdehnung und der versteckten Lage des Ortes durch dessen Reizung der Tetanus entsteht, war seine Ermittelung nur dann mit Sicherheit zu erwarten, wenn durch die eine Richtung der

Stiche sein Abstand von der Mittellinie und durch die andere seine Entfernung von der Rückenfläche des Markes aufzufinden war.

Ueber den motorischen Erfolg, welchen jeder der ausgeführten Nadelstiche nach sich zog, sollten mir die Wadenmuskeln Auskunft geben. Deshalb legte ich rechts und links ihre Sehne frei, zog durch jede einen Faden und schlang dieselbe um je eine drehbare Scheibe, an der sich excentrisch ein Schreibhebel befand. Ihre Bewegungen zeichneten sich auf dem berussten Papierüberzug einer rotirenden Trommel auf. Für vortheilhaft musste es gelten auch die Bewegungen der Nadel durch ein leichtes Zwischenstück aufzeichnen zu lassen, das von ihrem Führungsstabe bis zur Trommel hinreichte. Dadurch, dass jeder Einstich auf dem Russ ein Zeichen zurückliess, wurde es unmöglich ein von dem Muskel aufgeschriebenes Ergebniss auf eine andere als die Reizung zu beziehen, der es seine Entstehung verdankte.

Der Schluss, welchen man aus der Lage der Nadelstiche auf den tetanisirenden Ort gezogen hatte, war endlich noch durch die anatomische Untersuchung zu befestigen. Da die feinen Einstiche in der Regel keine sichtbaren Spuren zurücklassen, so musste man statt des geraden den folgenden Weg einschlagen. Waren auf einer Linie, die sich von dem hinteren Längsspalt bis zum äusseren Umfang eines Markes hin erstreckte, in Abständen von je $^1/_{10}$ mm die Stiche durchgeführt und damit die physiologische Beobachtung beendet, so wurde auf derselben Linie noch 20 bis 30 Mal nahe bei einander eingestochen. Aus kleinen Blutextravasaten, welche hierbei entstehen, war dann der zum Versuche benutzte Querschnitt der Markhälfte zu erkennen. Alsdann wurde das Rückenmark vorsichtig herausgenommen, gehärtet, eingebettet und auf dem Mikrotom in feinste Scheiben zerschnitten. Diejenige der letzteren, welche sich durch die Stichspuren als die vormals gereizte kennzeichnete, wurde unter Benutzung der Camera lucida vergrössert gezeichnet und dabei namentlich auf den Umfang des Haufens grosser Ganglienzellen Rücksicht genommen, die im grauen Vorderhorn liegen. Durch den Theil der Zeichnung, welcher der zum Versuch benutzten Rückenmarkhäfte entsprach, wurden alsdann so viele Linien gezogen als am lebendigen Präparate Einstiche ausgeführt waren. Da die Entfernung der letzteren mikrometrisch bestimmt war, so liessen sich nun auch die Linien nach Maassgabe der angewendeten Vergrösserung am richtigen Orte eintragen. Von diesem Verfahren wurde in allen Beobachtungen Gebrauch gemacht, aus welchen ich meine Schlussfolgerungen gezogen habe.

Ein so umständliches Verfahren, wie das bis dahin beschriebene, wird unnöthig, wenn man auf die Bestimmung der Lage des tetanisirenden Ortes innerhalb eines bestimmten Querschnittes durch das Mark verzichten

und statt dessen nur erfahren will, welche Muskeln sich dauernd verkürzen, wenn irgend ein Abschnitt des Rückenmarks vorübergehend gereizt wird. Will man sich hierauf beschränken, so genügt es mit einer Nähnadel feinerer Sorte das Rückenmark von seinem oberen, bis zu seinem unteren Ende vorsichtig abzutasten. Der beim Einstechen der stumpferen Nadel ausgeübte Druck verbreitet sich von dem getroffenen Orte aus über den ganzen Querschnitt und die von ihm abhängigen Muskeln verfallen in einen dauernden Tetanus.

Zu dem Ergebniss, das durch die Nadelstiche in das unverletzte Rückenmark gewonnen wird, kann man auch auf einem anderen Wege gelangen. Will man ihn betreten, so muss man auf einer kürzeren oder längeren Strecke des Rückenmarks hin einzelne seiner Stränge abzuspalten versuchen und dann in den erhaltenen Rest eine Nadel einsenken; die hierdurch geübte Reizung lässt erkennen ob der unversehrte Theil den tetanisirenden Ort einschliesst. Soll die Ausschälung einzelner Stränge ohne Zerstörung der zurückbleibenden Gebilde gelingen, so wird ein besonderer Schutz der letzteren nothwendig. Ein solcher ward dadurch herbeizuführen möglich, dass ein dünner Platindraht zu einem feinsten Blech ausgehämmert wurde. Stückchen des steifen zugespitzten Bleches wurden von rechts nach links in der Höhe des Centralcanals oder von oben nach unten ausserhalb des Austritts der motorischen Wurzeln durch das Mark geführt. Auf den Blechen, welche die unterliegenden Theile schützen, wurden die darüberliegenden durch mehrfache Schnitte zerstört. Bei der grossen Verletzbarkeit des Rückenmarks misslingt das Verfahren häufig genug, deshalb können nur die Versuche für werthvoll angesehen werden, welche zu einem positiven Resultate führen. Bei einer zahlreichen Anwendung der beschriebenen Hilfsmittel stellte sich eine Reihe von Ergebnissen als immer wiederkehrend heraus.

1. Erzeugt der Stich der glatten plattspitzigen Nadel in das unverrückt gehaltene Mark einen Tetanus, der an Dauer den Reiz um viele Secunden übertrifft, so gehören die von ihm ergriffenen Muskeln stets derselben Körperhälfte an, auf welcher auch das Mark durchstochen wurde. Gerathen nach einem Stich in nur eine Seite des Markes die Muskeln der beiden Körperhälften in dauernde Zusammenziehung, so wird man bei einer sorgfältigen Beachtung der Bedingungen, unter welchen der Versuch zu Stande kam, stets auf einem Umstand stossen, welcher den Verdacht nahe legt, dass die nächsten Folgen des Stiches — Zerrung, Druck u. s. w. — sich gleichzeitig auf die beiden Markhälften erstreckt haben.

2. Nach der Länge des Rückenmarks gerechnet ruft die Reizung bestimmter Abschnitte desselben auch nur in bestimmten Muskeln und zwar in ihnen allein den Tetanus hervor. In dieser Beziehung gilt namentlich:

Beschränken sich die Einstiche auf die Strecke vom Ende des vierten Ventrikels bis zum Ursprung des dritten Nerven, so sind die Muskeln der vorderen Gliedmaassen ergriffen. Von da bis zum siebenten Nerven tetanisirt der Reiz die Rumpfmuskeln; und endlich vom siebenten bis zum neunten Nerven die Muskeln der hinteren Gliedmaassen.

Von den genannten Abschnitten wurde der letztere allein genauer untersucht, wobei eine Reihe von regelmässig und eine andere von nur öfter wiederkehrenden Erscheinungen bemerkt wurde. Zu den ersteren zählen:

3. Von dem Reste des Lendenmarks, der nach Abspaltung der weissen und grauen Hinterstränge oder auch eines grossen Theils der weissen Seitenstränge übrig bleibt, lässt sich durch den Nadelstich noch ein Tetanus hervorbringen. Dass letzteres niemals mehr gelang, wenn unter möglichster Schonung aller übrigen Theile das graue Vorderhorn entfernt wurde, liess sich allein schon aus dem bekannten Verlauf der Nervenwurzeln voraussehen.

4. Auf einer senkrecht zur Längenaxe des Markes gezogenen Linie lassen sich nach den Folgen der Nadelstiche drei Abschnitte unterscheiden. Der innerste, welcher neben der hinteren Längsfurche beginnt und sich bis zur medialen Grenze des grauen Vorderhorns erstreckt, ist der unwirksamste. Nadelstiche, die ihn durchbohren, bringen das Präparat nicht aus seiner Ruhe. — Der zweite Abschnitt entspricht dem Durchmesser der Gangliensäulen. Die Nadelstiche, welche ihn durchsetzen, rufen unfehlbar den Tetanus hervor. Vom dritten noch übrig bleibenden Theile werden Zuckungen ausgelöst und zwar um so sicherer je weiter der Stichpunkt gegen den Umfang des Markes hin gelegen war, wohl deshalb weil alsdann die schon ausgetretenen Wurzelfäden gereizt werden.

Der Ort, durch dessen Reizung Tetanus entsteht, lässt sich bei sorgfältiger Führung der Nadel sehr scharf abgrenzen; durchbohrt sie $0 \cdot 1^{\text{mm}}$ und weniger von den Grenzen der Ganglienhaufen entfernt das Mark, so bleibt der Tetanus aus. Selbstverständlich ist nicht jedem Versuche eine solche Genauigkeit eigen, vermuthlich darum, weil die Nadel nicht immer ohne alle Zerrung das Mark durchsetzt, wobei dann der Zug den sie übt auch über ihre nächste Umgebung hinauswirkt.

Durch die Wiedergabe einiger Zeichnungen, welche unter der Camera lucida von Querschnittshälften des Rückenmarks entworfen wurden, die zum Versuche gedient haben, dürfte der Inhalt der vorstehenden Mittheilungen anschaulich und zugleich der Grad von Genauigkeit begrenzt werden, den die Beobachtungen beanspruchen.

In jeder Zeichnung ist sichtbar der Umriss einer Markhälfte, die Umgrenzung der grauen Masse und im Vorderhorn derselben die des Haufens grosser Ganglienzellen. Auf einer Linie, welche vor dem Centralcanal von

der Mittellinie gegen den grössten Umfang des Markes gezogen ist, sind die Zahlen 1, 2, 3 u. s. w. eingeschrieben. Die Punkte neben diesen Zahlen geben die Orte an, an welchen die Nadelstiche eintrafen. Durch einige dieser Punkte sind in der Richtung vom hinterem zum vorderen Markumfang Linien gezogen. Hatte sich die Nadel in ihrer Richtung bewegt, so war bei dem Versuche Tetanus eingetreten. Alle Stiche, welche der Mitte näher eingedrungen waren, hatten keinen Erfolg gehabt, diejenigen aber, welche nach aussen von der gezogenen Linie geführt worden waren, hatten eine einfache Zuckung bewirkt. Die Lage der tetanisirenden Einstiche beschränkt sich in den Versuchen, von denen Fig. 1 ein Beispiel giebt, genau auf die Grenzen des Ganglienhaufens. — Ein Gleiches gilt für die Fälle, in welchen ähnlich wie in Fig. 2 die Nadel von der Seitenfläche des Markes statt von hinten her durchgestochen wurde. Auch hier gaben die durch die ausgezogenen Linien angedeuteten Nadelstiche Tetanus,

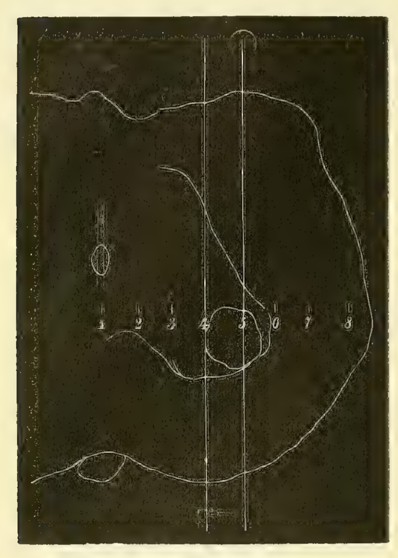


Fig. 1.

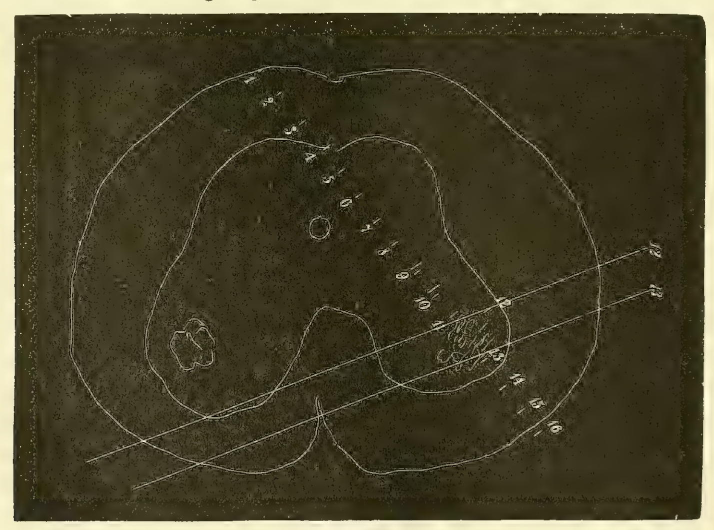


Fig. 2.

die weiter nach hinten gelegenen waren wirkungslos geblieben, die nach vorn gelegenen hatten einfache Zuckungen hervorgebracht.

Nicht in jedem meiner zahlreichen Versuche trat jedoch der Erfolg mit gleicher Schärfe hervor, immerhin waren die Abweichungen nicht allzugross. Als Beispiel einer solchen dient Fig. 3. In dieser Beobachtung hatte ein Einstich der um mehr als $^1/_{10}$ mm von der äusseren Grenze des Ganglienhaufens entfernt eintraf einen Tetanus ausgelöst.

5. Von einem auffallenden Erfolg kann der Einstich begleitet sein, wenn er durch den Centralcanal und die Commissuren hindurch dringt. Oefter, wenn auch nicht immer, erweckt die Reizung dieser Stelle einen dauernden Tetanus in beiden hinteren Gliedmaassen. Die Annahme, dass derselbe durch eine Zerrung veranlasst gewesen, die sich nach rechts und links hin erstreckt habe, lässt sich zwar nicht widerlegen, aber sie ist nur schwierig mit der Thatsache zu vereinigen, dass alle Muskeln in Ruhe bleiben, wenn der Einstich statt in der Mittellinie selbst sehr nahe zu ihr geführt wird. Unter dem Eindruck ausgeprägter Beispiele dieser Art hält man es nicht für unmöglich, dass weitere Beobachtungen uns mit Eigenschaften der Commissuren bekannt machen, die ihr eine besondere Reizbarkeit zutheilen.

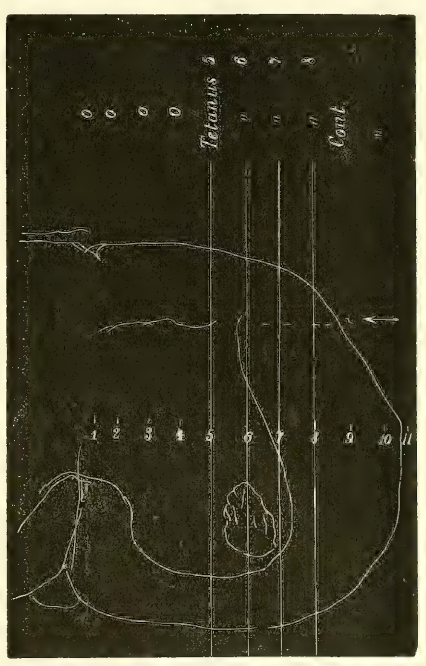


Fig 3.

6. Auch noch eine andere Ortsbestimmung bedarf der weiteren Untersuchung. Jeder Stich in die zum Plex. ischiadicus gehörige Gangliensäule ruft einen Tetanus des Wadenmuskels hervor, wodurch der Anschein entsteht, als ob die verschiedenen Wurzeln der für denselben Muskel bestimmten Nerven in dem Abschnitt des Markes gleichmässig vertheilt lägen, welcher sich vor der 7. zur 9. Wurzel hin erstreckt. Mit der Allgemeingiltigkeit dieses Ausspruchs lässt sich jedoch der Umstand nicht vereinen, dass durch eine Reizung in der Nähe der 7. Nervenwurzel die Muskeln des Oberschenkels und durch eine solche in der Nähe der 9. Nervenwurzel die des Unterschenkels stärker in Anspruch genommen werden. Doch wie gesagt, hierüber und nicht minder über den Unterschied der zwischen den Wirkungen einer beschränkteren im Gegensatz zu einer ausgedehnteren Reizung der Gangliensäule bestehen, müssen weitere Messungen Aufschluss geben.

Aus der Summe meiner Beobachtungen ergiebt sich, dass den grossen Ganglienzellen in den Vorderhörnern des Rückenmarks die Befähigung zukommt, durch einen kurz dauernden Anstoss, wie z. B. durch einen Nadelstich in eine sehr dauerhafte Erregung zu gerathen. Hierdurch zeichnen sie sich jedenfalls vor den aus ihnen entspringenden Nervenwurzeln aus. Voreilig wäre es jedoch, den eben abgeleiteten Schluss dahin zu erweitern, dass die grossen Ganglienkörper jeden gleichwie beschaffenen Anstoss von kurzer Dauer, welcher sie trifft, als einen tetanisirenden Reiz fortzupflanzen gezwungen wären; denn die noch so rasch eingesenkte und wieder gehobene Nadelspitze hinterlässt ohne Zweifel eine Verletzung der Structur, welche innerhalb des Ganglienkörpers ganz anders als in den Nervenröhren wirken, namentlich aber in den ersteren an und für sich als ein dauernder Reiz wirken könnte.

Auskunft darüber, ob momentane Reize, welche vom Gehirn oder von sensiblen Gebieten aus den motorischen Nerven erregen, sich auf ihrem Wege durch die Ganglienkörper ebenfalls in tetanisirende umwandeln, wird sich mit Sicherheit erlangen lassen, in Folge der in meiner früheren Abhandlung mitgetheilten Thatsachen.

In den dort aufgeführten an grösseren Fröschen unternommenen Zählungen stimmte die Summe der Ganglienzellen in den grauen Vorderhörnern mit derjenigen der motorischen Wurzelröhren so genau überein, dass kein Zweifel mehr gegen die Behauptung aufkommen kann, jede der motorischen Fasern trete in eine Ganglienzelle über. Daraus folgt, dass jeder auf den natürlichen Wegen an die Markenden des motorischen Nerven herantretende Reiz die Ganglienzellen durchsetzt haben müsse. — Ist es nun den letzteren gegeben jeden momentanen Reiz in einen dauernden umzuwandeln, so muss auch jede von den Seitensträngen des Markes und ebenso jede vom sensiblen Nerven aus veranlasste Bewegung der Muskeln eine tetanische sein.

Von den Versuchen, aus denen sich ein Urtheil über das fragliche Verhalten bilden liesse, kenne ich nur einen, er ist von Wundt[1] und zwar der Art ausgeführt, dass die directe Zuckung mit einer reflectirten verglichen wurde, welche beide von je einem Oeffnungsschlag des Inductors veranlasst wurden. Nach den gewonnenen Ergebnissen kam schon Wundt zu der Ueberzeugung, dass die graue Substanz auf den Verlauf der Reizung einen ihre Dauer verlängernden Einfluss übe, denn er hatte ausnahmslos gefunden, dass von zwei gleich umfangreichen Contractionen die vom motorischen Nerven ausgelöste eine wesentlich kürzere Dauer als die reflectirte besass.

---

[1] *Untersuchungen zur Mechanik der Nerven.* 1876. Bd. II. S. 24 ff.

Ein entsprechender Versuch mit der vom Gehirn herabdringenden Seitenstrangbahn liegt nicht vor, denn die von R. Marchand[1] ausgeführte Momentanreizung des Rückenmarks kann, so werthwoll sie an sich ist, für unsere Frage nicht in Betracht kommen, weil in ihr das gesammte Mark uud zugleich die Nervenwurzeln von dem Inductionsschlage durchsetzt werden. Bei diesem Mangel bleibt es dahingestellt, welchen Antheil die Ganglienzelle der grauen Hörner an der willkürlichen Bewegung nimmt, die bekanntlich als eine tetanische auftritt.

---

[1] Pflüger's *Archiv.* Bd. XVIII. S. 538.

Zoochlorella.

Ein Beitrag zur Lehre von der Symbiose.

Von

G. Kessler,
Regierungs-Baumeister in Berlin.

(Hierzu Tafel XVI.)

Dr. K. Brandt in seiner Arbeit: „Ueber die morphologische und physiologische Bedeutung des Chlorophylls bei Thieren“,[1] spricht sein Bedauern aus, dass er über Rhizopoden keine Untersuchungen habe anstellen können, um die Algennatur der grünen Körperchen in diesen Thieren nachzuweisen und nennt dies Fehlen „eine empfindliche Lücke“. Dies hat mich bewogen, sobald ich Gelegenheit dazu fand, den grünen Inhalt einer Rhizopode zu untersuchen. Es bot sich zuerst eine Heliozoe, die Akanthocystis chaetophora, dar, die ich in Wasser fand, das am 10. April d. J. aus der „krummen Lanke“ bei Paulsborn im Grunewald geschöpft war. Die beigefügte Tafel zeigt in Fig. 1 ein solches Thier selbst, in Fig. 2 den grünen Inhalt nach dem Zerdrücken, und in Fig. 3 denselben, nachdem die grüne Farbe entfernt und die Kerne gefärbt sind.

Das von mir dabei beobachtete Verfahren theile ich ausführlicher mit, um denjenigen, die den Kernnachweis bei diesen kleinen Organismen wiederholen wollen, die Arbeit möglichst zu erleichtern.

Nachdem durch Manipulationen, bei welchen grosse Geduld und gutes Glück mehr gelten, als glänzende Geschicklichkeit, eine Akanthocyste so unter ein nicht zu grosses Deckgläschen gebracht ist, dass sie unter den stärkeren Linsensystemen (mindestens No. 8 Hartnack) behandelt werden kann; — (wozu gehört, dass alle Sandkörnchen oder sonst nicht leicht zerdrückbaren Gegenstände eliminirt, das Object so gelagert ist, dass es von den durch-

[1] *Dies Archiv* 1882. S. 125.

strömenden Reagentien gut getroffen, aber nicht hinweggespült werden kann, dasselbe auch eine möglichst markirte Lage hat, um es ohne Schwierigkeit wiederfinden zu können, wenn man es vom Objecttische hat entfernen müssen) — wird mit Pikrinschwefelsäure abgetödtet. Einwirkungsdauer 5 Minuten. Mit Wasser und dann mit schwachem, darauf mit stärkerem Spiritus gut ausgewaschen, und Hämatoxylinlösung in der gebräuchlichen Zubereitung mit Alaunwasser zugegeben. Einwirkungsdauer in der feuchten Kammer $1^1/_2$ Stunden. Die nun erscheinende ganz diffuse Färbung mit Alaunwasser gut ausgewaschen, bis die auf dem Objectträger immer gleichzeitig vorhandenen Conferven deutlich ihre Kerne zeigen und die Färbung ihrer Membran fast ganz verschwunden ist. Nun schreite ich zum Zerdrücken. Dies ist eine ganz besonders difficile Arbeit, wenn man ein Dauerpräparat als Belegexemplar erzeugen will. Ich lege auf das Deckgläschen, das ich für solche Arbeiten nicht gern grösser als 10^{mm} □ wähle, ein vierfaches Bäuschchen Fliesspapier, nachdem vorher alle Flüssigkeit unter dem Deckgläschen nach Möglichkeit abgesogen ist, so dass beim Drücken nicht Wasser hervortreten und beim Aufhören des Druckes keine starken Strömungen entstehen können. Mit Vermeidung jedes Schiebens wird auf das Fliesspapier ein anderer Objectträger gebracht und beide Platten werden zwischen Gummiblätter in einer kleinen Schraubenpresse sehr fest zusammengepresst. Wenn Alles gut gemacht und gut gelungen, ist die Akanthocyste zerdrückt und bildet ein ziemlich wirres Durcheinander von Kieselnadeln, Fetttröpfchen, Stärkemehlkörnchen, grünen Körperchen und Protoplasma. Besonders das reichlich vorhandene gelbbraune Fett macht das Bild sehr undeutlich. Es sind eigentlich nur die stark lichtbrechenden, ungefärbten Stärkemehlkörnchen deutlich zu unterscheiden. Es muss das Fett und zugleich der Farbstoff der grünen Körperchen entfernt werden. Es wird also das Papierbäuschchen wieder aufgelegt, darauf wieder der Objectträger gebracht, das Ganze abermals zwischen Gummiplatten gepresst und in $96^0/_0$ Alkohol gelegt. Nach 2—3 Stunden ist der gewünschte Erfolg erreicht. Man erkennt jetzt mit Hartnack 8 deutlich die Kerne der Zoochlorellen, die vom Protoplasma mehr oder weniger zusammengehalten werden, und die Stärkemehlkörnchen. Die dabeiliegenden. charakteristischen Nadeln mit kleinen Scheiben am einen Ende dienen als Beweis für die Herkunft. Hinzugegebenes Glycerinwasser entfernt in einigen Tagen noch besser die Farbe aus dem Protoplasma und lässt die Kerne noch deutlicher erscheinen.

Die in der Zeichnung grünlichblau gezeichneten unregelmässigen, in der Wirklichkeit stark lichtbrechenden Körperchen habe ich als Stärke angesprochen und zwar auf ihr optisches Verhalten im polarisirten Lichte. Sie zeigten hier deutlich genug das Kreuz, wie es Stärke zu zeigen pflegt. Chemische Reactionen habe ich nicht für nothwendig gehalten.

Als ferner zu diesem Thema gehörig bemerke ich, dass von mir in diesem Frühjahr wiederholt Amoeben (und zwar Amoeba radiosa) beobachtet sind, die neben sehr reichhaltigem Gehalte an parasitischen Algen auch aufgenommene Nahrung, Diatomeen und grössere Algen enthielten. Sie nehmen also noch Nahrung zu sich, trotz ihrer grünen Einwohner.

Vom 16. Februar bis 20. April d. J. habe ich Zoochlorellen aus Hydra in den ausgeschliffenen Höhlungen mehrerer Objectträger cultivirt. Sie haben sich auch ausserhalb des Wohnthieres augenscheinlich vermehrt; einen Uebergang in andere Algenformen habe ich nicht beobachten können, sie starben vielmehr allmählich ab. Es waren aber bis zuletzt noch lebhaft grüne lebende Algen der Art vorhanden. Die Beobachtung musste aufgegeben werden, weil ich nicht mehr sicher war, ob nicht Algensporen aus dem Abschlusswasser der feuchten Kammer auf die Objectträger gelangt waren.

Durch Belichtung in filtrirtem Wasser scheinbar ganz farblos gewordene Hydren zeigten unter dem Mikroskope die Zoochlorellen unverändert, aber in der Farbe erheblich abgeblasst.

Die Veränderung des Stentor polymorphus[1] „in eine lebende Sammlung einzelliger Algen und grüner Flagellaten“ hat mir bis heute nicht gelingen wollen. Dagegen beobachtete ich an grünen Körperchen aus kleinen Süsswasserplanarien, nachdem sie mehrere Tage auf dem Objectträger isolirt in der feuchten Kammer bei hoher Zimmertemperatur (+ 21° R.) aufbewahrt waren, die pulsirenden Vacuolen, und sah die Verwandlung in Flagellaten eintreten.

[1] S. *Biologisches Centralblatt.* Nr. 21. S. 648.

Zur Dioptrik und Ophthalmoskopie der Fisch- und Amphibienaugen.

Von

J. Hirschberg.

In meiner kurzen Mittheilung zur vergleichenden Ophthalmoskopie[1] musste ich darauf hinweisen, dass noch weitere Untersuchungen nöthig sein werden, um den Gegenstand auch nur zu einem vorläufigen Abschluss zu bringen.

Zunächst wollte ich mir erlauben, einige kurze Bemerkungen über das physikalisch-dioptrische Verhalten der Fisch- und Amphibienaugen, sowie einige Skizzen ihres Augengrundbildes anzuschliessen.

So überwältigend gross und für uns vorwaltend mit der Praxis beschäftigte Aerzte kaum übersehbar auch das vergleichend anatomische Material ist, welches zahlreiche Forscher hinsichtlich der Structur des Auges im Thierreiche angesammelt haben: so spärlich sind die Untersuchungen des physikalischen Verhaltens lebender Fisch- und Amphibienaugen.

Nichtsdestoweniger ist der so naheliegende Unterschied in den dioptrischen Verhältnissen des Wirbelthierauges, je nachdem es sich um Luft- oder um Wasserbewohner handelt, den Physiologen seit langer Zeit geläufig und um so leichter aufgefunden worden, als schon der grobe Vergleich eines Fisch- und eines etwa gleich grossen Landwirbelthierauges ganz bemerkenswerthe Differenzen in der äusseren Gestaltung erkennen lässt. In dem Handbuch der Physiologie von Johannes Müller, das noch heute, nahezu ein halbes Jahrhundert nach seinem Erscheinen, eine so wichtige Fundgrube werthvoller Daten darstellt, heisst es (1837, II, S. 314) folgendermaassen: „Bei den in Wasser lebenden Thieren ist die Linse immer con-

---

[1] *Dies Archiv.* 1882. S. 82.

vexer, als bei den in Luft lebenden, bei den Fischen ist sie kugelrund, bei den Sepien sogar länglich in der Richtung der Achse. Dagegen ist die Hornhaut der in Wasser lebenden Thiere viel flacher als bei den in Luft lebenden. Diesen Thieren würde eine convexe Hornhaut von keinem Nutzen sein, indem die wässrige Feuchtigkeit durch Brechkraft sich wenig von dem äusseren Wasser, worin die Thiere leben, unterscheidet; während die Brechung durch die Cornea und wässrige Feuchtigkeit bei den in Luft lebenden Thieren sehr gross ist. Dagegen muss die Brechung bei den in Wasser lebenden Thieren durch die stärkere Convexität der Linse ersetzt werden. Die Linse der Fische ragt mit der vorderen Hälfte durch die Pupille in die vordere Augenkammer."

Diese Darstellung ist durchaus einwandsfrei und bedarf auch keiner Erläuterung, während ich bezüglich einer der neueren Arbeiten auf diesem Gebiete mehrere Bemerkungen zu machen genöthigt bin. Ich meine die Monographie des Hrn. Dr. Felix Plateau (d. J.) über das Sehen der Amphibien und Fische, welche am 2. Juli 1866 der königl. Akademie von Belgien vorgelegt und von derselben preisgekrönt worden ist. (Vgl. *Acad. Royale de Belgique*, Extr. du Tome XXIII des Mémoires couronnés.)

Der Hr. Verfasser glaubt durch Beobachtung, Theorie und Experiment die folgenden Sätze begründet zu haben:

1) Chez tous les poissons la portion médiane de la cornée est aplatie, de sorte que le rapport entre le rayon de courbure de cette portion et l'axe de l'oeil est beaucoup plus grand que chez les animaux terrestres; cet aplatissement existe même chez ceux des poissons auxquels on a attribué la cornée la plus convexe. — 2) En conséquence de cette conformation et de la sphéricité de leur crystallin, les poissons voient dans l'air aussi bien que dans l'eau; seulement leur distance de vision distincte est un peu plus grande dans ce dernier milieu. — 3) L'oeil des amphibies a une structure identique ou très analogue à celle de l'oeil des poissons, d'où il résulte nécessairement que les amphibies possèdent également la faculté de voir avec netteté dans l'air et dans l'eau, et à peu près à la même distance, sans que, pour passer d'un milieu à l'autre, ils doivent mettre en jeu leur pouvoir d'accommodation.

Hr. Plateau giebt an, dass er zuerst die Frage von dem Sehen der Fische und Amphibien experimentell in Angriff genommen habe.

Unleugbar ist dies sein Verdienst. Ja, seine Arbeit scheint die einzige zu sein, welche dieses Gebiet umfasst, und ist bisher als maassgebend betrachtet worden.

Auch Hr. Prof. Leuckart hat in seiner vortrefflichen Organologie des Auges, die 1876 in dem Graefe-Saemisch'schen *Handbuch der Augenheilkunde* erschienen ist und den heutigen Standpunkt unserer Kenntnisse

ebenso bündig wie erschöpfend zusammenfasst, den Standpunkt von Plateau ohne Vorbehalt angenommen.

Es heisst bei Leuckart Seite 155:

„Dass auch das Brechungsvermögen des umgehenden Mediums auf die Bildung der optischen Apparate influirt, ist bei Erwähnung der Wasserthiere schon angedeutet. Wir werden bei einer späteren Gelegenheit noch weiter darauf zurückkommen und fügen hier nur die Bemerkung bei, dass das Auge der amphibiotischen Thiere, derjenigen also, die so gut im Wasser wie in der Luft leben und sehen, den Bau der Wasserthiere wiederholt (Plateau.) Bei beiden ist es ausschliesslich die Linse, die das Retinalbild erzeugt. Die Cornea, die sonst in der Luft auf den Gang der Lichtstrahlen einen erheblichen Einfluss ausübt, ist durch ihre platte Form aus der Reihe der brechenden Medien ausgeschlossen, sodass die betreffenden Thiere, auch ohne besondere Adaptationsleistungen, in der Luft so gut wie im Wasser zu sehen vermögen. Nur insofern besteht einiger Unterschied, als das deutliche Sehen in der Luft — der in beiden Medien verschiedenen Focalweite entsprechend — erst in etwas grösserer Entfernung von dem Auge anhebt.“

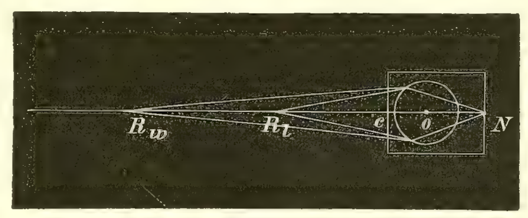


Fig. 1.
Schema des Strahlenganges im Fisch- (und Amphibien-) Auge nach F. Plateau.

Rw Fernpunkt in Wasser.
Rl Fernpunkt in Luft.

Die Strecke *Rw Rl* ist relativ grösser gezeichnet, als die Zahlen Plateau's zulassen. Das von einem Netzhautpunkt ausgehende Strahlenbündel ist im Kammerwasser stark convergent.

Es wäre also nach Plateau und Leuckart, wenn wir von einer accommodativen Veränderung der Krystalllinse absehen, das Schema des Fisch- und Amphibienauges das folgende (vgl. Fig. 1): Ein geschlossener Kasten sei vorn von einer planparallelen Glasplatte (*c*) begrenzt, der Hohlraum sei mit Wasser gefüllt und enthalte die kugelige Krystalllinse von stärkerem Brechungsvermögen, sowie hinten (dicht hinter dem hinteren Linsenpol) einen lichtauffangenden Schirm (*N*): *Rw* sei der Punkt, für den der Apparat eingerichtet ist, wenn er in Wasser; *Rl*, wenn er sich in Luft befindet.

Von der Wirkung, welche eine ebene Trennungsfläche zwischen zwei optisch verschiedenen Medien auf den Gang eines schmalen homocentrischen Lichtstrahlenbündels ausübt, kann man leicht Aufschluss erhalten, wenn

in der für eine kugelige Trennungsfläche einfach abzuleitenden Gleichung[1]

$$(1) \quad \frac{n_1}{f_1} + \frac{n_2}{f_2} = \frac{n_2 - n_1}{r}$$

(in der n_1 den Brechungsindex des ersten, n_2 den des zweiten Mediums, f_1 Objectdistanz, f_2 Bilddistanz, r den Krümmungsradius bedeutet) r unendlich gross gesetzt wird, so dass das Glied $\frac{n_2 - n_1}{r}$ verschwindet: es folgt dann

$$(2) \quad f_2 = -\frac{n_2}{n_1} f_1$$

oder für den Uebergang aus Luft in Wasser $f_2 = -\frac{4}{3} \cdot f_1$. Darnach ist $f_2 = \infty$, wenn $f_1 = \infty$.

Fig. 2.

Ein paralleles Strahlenbündel wird nicht abgelenkt. Stellt aber *pl* (Fig. 2) einen in Luft (*I*) befindlichen, in endlicher Entfernung von *C* belegenen Objectpunkt dar, so liegt das Bild, das die ebene Trennungsflache *CD* beim Uebergang in Wasser von *pl* entwirft, weiter ab von *C* als das Object, im Verhältniss von 4:3, und auf der nämlichen Seite der Trennungsfläche, also in *qw*. Convergirt ein aus Wasser (*II*) austretendes Strahlenbündel nach *qw*, so wird beim Uebergang in Luft das Bündel in *pl* vereinigt. Nach dem Brechungsgesetz muss ja der Winkel, welchen ein Lichtstrahl mit dem Einfallsloth bildet, in Luft immer grösser sein, als in Wasser.

$(\angle\, tup > \angle\, rus;\ \angle\, rus < \angle\, tup.)$

Wenn wir also das erwähnte Schema annehmen wollten, so hätten wir bei Leuckart einen kleinen Druckfehler zu verbessern und jedenfalls mit Plateau zu setzen: „Das Sehen in Luft hebt in geringerer Entfernung vom Auge an, als im Wasser". Aber kann denn überhaupt die Vorderfläche der Fischhornhaut in dioptrischem Sinne als eine Ebene betrachtet werden? Stimmt der dioptrische Bau des Amphibienauges mit dem des Fischauges überein? Beide Fragen müssen

[1] Vgl. den Anhang.

verneint werden, und, was das merkwürdigste ist, sogar nach Plateau's und Leuckart's eigenen Zahlen.

Allerdings besteht ja ein auffallender Unterschied zwischen dem Contour des horizontalen Durchnitts beim Menschen- und beim Hechtauge. Der menschliche Augapfel zeigt eine regelmässige Rundung, der im vordersten Theil die zart uhrglasförmige Wölbung der Hornhaut aufgesetzt ist. Der Krümmungsradius der Hornhaut misst etwa 8, der der Sklera etwa 12, die Länge der Sehaxe etwa 24 ^{mm}. Das Verhältniss ist wie $1:1^1/_2:3$.

Das Hechtauge hingegen stellt ein querstehendes Ellipsoïd dar mit stark abgeplatteter Vorderfläche.

Leuckart selbst giebt beim Hechtauge den Krümmungsradius der Hornhaut zu 14, den der Sklera zu 9, die Augenaxe[1] zu 10 ^{mm} an (Verhältniss wie 1:0·64:0·7), und betont, dass bei Wasserthieren der Krümmungsradius der Hornhaut immer länger sei, als der der Sklera, bei Landthieren das umgekehrte Verhältniss stattfinde.

Die Radien sind nicht direct gemessen,[2] sie werden aus den Abbildungen von Dr. W. Sömmering (*De oculor. hominis animaliumque sect. horiz. comm.* Gotting. 1818) abgeleitet. Lassen wir vorläufig den Werth von 14 ^{mm} gelten, so würde, wenn das Hechtauge in Luft emportauchte, eine vordere Brennweite[3] von 42 ^{mm} des brechenden Hornhautsystems vorhanden sein, d. h. etwa die Hälfte der brechenden Wirkung der menschlichen Cornea oder $\frac{2}{3}$ der brechenden Wirkung der menschlichen Krystalllinse, wenn sie ihre flachste Form angenommen. Diese Brechkraft von $\frac{1}{42}$ in Millimetermaass ist für ein Hechtauge, dessen hauptsächlicher dioptrischer Apparat, die Krystalllinse, eine Brennweite von etwa 8 ^{mm}, also eine Brechkraft von $\frac{1}{8}$ besitzt, während die Sehaxenlänge 10 ^{mm} beträgt, unmöglich gleich Null zu setzen: $\frac{1}{8}+\frac{1}{40}=\frac{6}{40}=\frac{1}{6.6}$.

Wesentlich länger ist allerdings nach Plateau, der das herausgenommene Auge eingypste und die gewonnene Gypsschale maass, der Krümmungsradius in der Hornhautmitte des Hechtes, nämlich 17·5 bis 20 ^{mm}: hieraus berechnet sich eine vordere Hauptbrennweite des Hornhautsystems von 60 ^{mm}; also eine Brechkraft, die etwa $\frac{1}{3}$ von der der menschlichen Hornhaut und

[1] Bei den Fischen besteht, wie wir gleich sehen werden, noch ein beträchtlicher Unterschied zwischen Augenaxe und Sehaxe, da die Netzhaut erheblich vor der Sklera liegt.

[2] Sömmering selber giebt in seiner Messungstabelle $r = 6'''$ an.

[3] $F_1 = \frac{n_1 r}{n_2 - n_1} = \frac{r}{\frac{4}{3} - 1} = 3 . r.$

ebensoviel wie die der menschlichen Krystalllinse beträgt: es wäre dies weniger als nach Leuckart, aber doch nicht Null. $\left(\frac{1}{8}+\frac{1}{60}=\frac{1}{7}\right)$. Sähe das Hechtauge in Wasser auf grössere Distanzen, so hätte es doch noch in Luft eine starke Kurzsichtigkeit, nämlich einen Fernpunktsabstand von 60 ^{mm} oder nahezu $2^1/_4''$. Somit widersprechen Plateau's eigene Zahlen auf das bestimmteste seinen Annahmen über das Sehen der Fische.

Aber vor Allem ist es geboten, diese Zahlen einer experimentellen Nachprüfung am lebenden Thiere zu unterziehen. Man prüft, wenn man richtige Resultate erlangen will, die Grösse des Reflexbildes, welches die Mitte der Hornhaut des lebenden Thieres von einem gegebenen Gegenstande entwirft.

Es ist dies das feinste Tasten, mit dem Lichtstrahl. Helmholtz's Ophthalmometer braucht man natürlich für solche approximative Bestimmungen nicht. Man misst die Breite des Reflexbildes, welches die Hornhaut von einer Fensteröffnung entwirft. (Ich wählte eine Objectbreite von 1000, eine Objectferne von 3500 ^{mm}.) Wird grössere Genauigkeit gewünscht, so kann das von mir am 14. Juli 1876 der Berliner physiologischen Gesellschaft mitgetheilte Verfahren in Anwendung gezogen werden: „Um die Messung des Hornhautkrümmungsradius zu einer bequemen und schnell ausführbaren Methode der Praxis zu machen, werden in der Höhe des zu untersuchenden Auges zwei Lichtflammen aufgestellt, so dass ihre gegenseitige Entfernung 1 Meter beträgt und das zu untersuchende Auge vom Mittelpunkt ihrer Halbirungslinie 1 Meter entfernt ist. Mit dem Pupillometer misst man β, die Distanz der beiden Lichtflammen im Spiegelbildchen der Hornhaut, dann ist direct β die Brennweite oder der halbe Krümmungsradius des Hornhautsspiegels. Denn, ist b ein Object, β sein Bild, a der Abstand des relativ fernen Objects vom Krümmungsmittelpunkt des Convexspiegels, so ist $\frac{\beta}{b}=\frac{\frac{1}{2}r}{a}$, folglich, da wir $a=b$ gemacht haben, $\frac{1}{2}r=\beta$."[1]

Sehr bequem ist auch zur Hornhautmessung das Keratoskop von Placido,[2] eine schiessscheibenähnliche Figur mit centraler Durchbohrung. Ich habe das Instrument stabil gemacht und mit einer Millimeterscala versehen, die durch ein kleines Planspiegelchen nach dem scheinbaren Ort des Hornhautspiegelbildes hin reflectirt wird. Ist die Scheibe 8 Zoll breit und 8 Zoll entfernt von der Hornhaut, so hat man nur die Zahl der

[1] Vergl. in *diesem Archiv*, 1878. S. 581. 582.

[2] Vgl. *Centralblatt für Augenheilkunde.* 1882. S. 30 u. ff.

Theilstriche, welche der Breite des Hornhautreflexbildes entspricht, mit 2 zu multipliciren, um r zu finden. Gleichzeitig gewinnen wir mit einem Blick eine unmittelbare Anschauung von der Wölbung des Hornhautspiegels und der etwaigen Unregelmässigkeiten desselben, sowohl bei Thieren als auch bei Menschen.

Ich habe auf solche Weise verschiedene Fische und Frösche untersucht und will mich begnügen, einige Resultate der Beobachtungen mitzutheilen.

Ein grosser Hecht von 60 cm Länge und 1 Kilo Gewicht zeigte folgende Maasse:

		Rechtes Auge.	Linkes Auge.
Hornhautbreite		15 mm	$14^1/_2$ mm
Hornhauthöhe		13 „	13 „
Pupillenbreite		7 „	7 „
Pupillenhöhe		5 „	$5^1/_2$ „
Fensterreflexbild	inmitten der Pupille	1·75 mm breit	1·75 mm breit
„	näher dem nasalen Rande der Pupille		2 „ „
„	am nasalen Rande der Pupille	2 „ „	2·5 „ „
„	jenseits des nasalen Pupillenrandes, nasenwärts	2·5 „ „	2·5 „ „
„	dicht am nasalen Rande der Hornhaut	2 „ „	2 „ „
„	nahe dem temporalen Rande der Pupille im Pupillargebiet		5 „ „
„	am temporalen Rande der Pupille	4—5 „ „ (und darüber)	4 „ „
„	jenseits desselben, schläfenwärts	4 mm breit	3·5 „ „
„	am Schläfenrande der Cornea	2·5 „ „	2·5 „ „
„	vor der Mitte des oberen Pupillarrandes	2·5 „ „	2·5 „ „
„	weiter oberhalb des ob. Pupillarrandes		3·5 „ „
„	vor der Mitte des unteren Pupillarrandes	2·5 „ „	2·5 „ „
„	weiter unterhalb des ob. Pupillarrandes		3·5 „ „

Am kleinsten und regelmässigsten war das Bild im nasalen Drittel des Pupillarbereiches.

Mehr als die laterale Hälfte des Pupillarbereiches der Hornhaut ist stark abgeflacht, ebenso eine schmale extrapupillare Zone der umgebenden Hornhaut.

Es ist nämlich $\frac{1000}{3500} = \frac{b}{\frac{r}{2}}$, wo b die Breite des Reflexbildes.

Hieraus folgt:

$$\frac{r}{2} = 3\cdot5 \text{ mm}, \; r = 7 \text{ mm für } b = 1 \text{ mm}$$

$$\frac{r}{2} = 6\cdot2 \text{ „} \; \underline{r = 12\cdot4} \text{ „ „ } b = 1\cdot75 \text{ mm}$$

$$\frac{r}{2} = 7 \text{ „} \; \underline{r = 14} \text{ „ „ } b = 2 \text{ mm}$$

$$\frac{r}{2} = 8 \cdot 75^{\text{mm}}, \quad \underline{r = 17 \cdot 5}^{\text{mm}} \text{ für } b = 2 \cdot 5^{\text{mm}}$$

$$\frac{r}{2} = 10 \cdot 5 \text{ „} \quad r = 21 \text{ „ „ } b = 3 \text{ „}$$

$$\frac{r}{2} = 12 \cdot 25 \text{ „} \quad r = \underline{25} \text{ „ „ } b = 3 \cdot 5 \text{ „}$$

$$\frac{r}{2} = 14 \text{ „} \quad \underline{r = 28} \text{ „ „ } b = 4 \text{ „}$$

$$\frac{r}{2} = 17 \cdot 5 \text{ „} \quad \underline{r = 35} \text{ „ „ } b = 5 \text{ „}$$

Nicht bloss 20 mm, wie Plateau annimmt, sondern sogar 28 mm lang wird der Hornhaut-Krümmungsradius r innerhalb des Pupillargebietes grosser Hechtaugen, und zwar mehr schläfenwärts; aber inmitten des Pupillargebietes und nasenwärts ist r nur 12 bis 14 mm, d. h. 1·5 bis 2 mal so gross, als der Krümmungsradius der menschlichen Hornhaut. Von einem einzelnen Krümmungsradius der Hechtcornea, soweit sie optisch in Betracht kommt, kann man gar nicht reden: das lehrt ein Blick auf die schematische Fig. 3, welche die Hechtcornea (in doppelter Vergrösserung) mit den eingezeichneten wirklichen (horiz.) Krümmungsradien der einzelnen Stellen enthält.

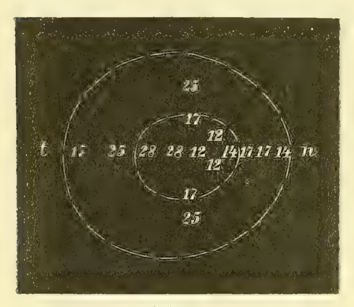


Fig. 3.
Hechtcornea in doppelter Grösse; die Zahlen bedeuten die Krümmungsradien der einzelnen Stellen, *n* nasaler Rand der Cornea, *t* temporaler.

Theoretisch wird schwer zu entscheiden sein, welcher Krümmungsradius bei der Lichtbrechung aus Luft in das Fischauge hauptsächlich in Betracht kommt. Entscheidend ist der Versuch. Der lebende Hecht wird in Luft gehalten, man beleuchtet mit dem Augenspiegel die Pupille. Die brechenden Medien des Fischauges selbst entwerfen ein umgekehrtes[1] Bild der Netzhaut und zwar des Sehnerveneintritts. Ich messe die maximale Entfernung D zwischen meinem und dem Fischauge, bei der ich jenes Bild noch am schärfsten sehe und finde sie gleich $12^1/_2$ bis 13 Zoll; meine Fernpunktsdistanz d beträgt 10″; folglich hat das Hechtauge in Luft eine excessive Kurzsichtigkeit mit einem Fernpunktsabstand $R = D - d = 2^1/_2$ bis 3″. Das umgekehrte Netzhautbild ist allerdings stark astigmatisch. Ein möglicher Fehler von etwa $^1/_2$″ ist gern zugegeben.

[1] Dass das Netzhautbild ein umgekehrtes reelles Luftbild ist, kann man an seinen optischen Eigenschaften leicht erkennen; es verschiebt sich nach rechts, wenn der Kopf des Beobachters nach links geht; es verschwindet, wenn der Beobachter sein Auge an das fremde unmittelbar heranbringt.

Jetzt gilt es, die Refraction desselben lebenden Hechtauges unter Wasser zu bestimmen. Dies ist schwierig, aber doch mit Sicherheit ausführbar. Ich bedecke den pupillaren Hornhautbereich mit Wasser und lege darauf ein Stückchen von einem Deckgläschen für mikroskopische Präparate. Die Hornhaut ist jetzt in Wasser getaucht, ihre Wirkung null; die brechende Wirkung des planparallelen Deckgläschens ist gleichfalls null. Ich finde nunmehr mit Hilfe des aufrechten Netzhautbildes objectiv eine Myopie des in Wasser getauchten Fischauges von etwa 24 Zoll[1] Fernpunktsabstand (= 1·5 D), also einen ganz schwachen Grad. Mit Ueberraschung sehe ich, wie ausserordentlich viel besser der optische Apparat dieses Fischauges in Wasser als in Luft arbeitet. Ich erhalte ein regelmässiges, natürlich stark vergrössertes Bild der Netzhautmitte: feinste Sehnervenfasern ziehen radiär in mehr horizontalen Richtungen über den röthlichen Augengrund; dahinter liegt ein System von feinen senkrechten Linien, das ganze ist wie chagrinirt durch glitzernde Punkte.

Das umgekehrte Bild des Sehnerveneintritts, mit der Linse + 2″ entworfen, ist jetzt (bei aufgelegtem Deckglas) etwa dreimal breiter als vorher, wenn das Auge in Luft sich befand: natürlich, je schwächer die Myopie, desto stärker die Vergrösserung des umgekehrten Bildes. Taucht das Hechtauge aus Wasser empor in Luft, so fügt es sich durch Inkrafttreten der Hornhautbrechung eine Linse zu, deren Brechkraft also in Zollmaass gleich

$$\frac{1}{2\frac{1}{2}} - \frac{1}{24} = \frac{1}{2 \cdot 8}{}''.$$

2·8 Zoll sind etwa 72 ^{mm}.

Dem kleineren Krümmungsradius von 12·5 bis 14 ^{mm} Länge entspricht eine vordere Hauptbrennweite der Hornhaut von 3 × 12·5 bez. 3 × 14 = 42 ^{mm}.

Dem grösseren Krümmungsradius von 28 ^{mm} Länge entspricht eine vordere Hauptbrennweite von 3 × 28 = 84 ^{mm}.

Somit scheint die factische Wirkung der Hechthornhaut in Luft eher einem mittleren Krümmungsradius zu entsprechen, als den beiden Extremen, obschon dieselbe allerdings dem längeren näher steht, als dem kürzeren.

Die ermittelte Kurzsichtigkeit des in Wasser getauchten Hechtauges bezieht sich aber auf die vordere Netzhautebene, die Nervenfaserschicht. Diese ist nicht die lichtpercipirende, musivische. Nehmen wir einen Tiefen-

---

[1] Ich brauche bei Emmetropie des Untersuchten stets $-4 \cdot 5\, D = -\frac{1}{9}{}''$. Ich brauchte für den Hecht -6 bis $7\, D = -\frac{1}{5\frac{1}{2}}$ bis $-\frac{1}{6\frac{1}{2}}{}''$. Das schwächere Concavglas ist für den Grad der Myopie entscheidend, sowohl bei der subjectiven, wie bei der objectiven Refractionsmessung.

abstand δ von $0 \cdot 10^{\mathrm{mm}}$[1] zwischen beiden und eine Brennweite der kugeligen Krystalllinse von etwa 8^{mm} an, so wäre in der That eine etwas stärkere Myopie vorhanden

$$\varphi_2 = \frac{F_1 F_1}{\varphi_1} = \frac{8 \times 8}{0 \cdot 10} = 640^{\mathrm{mm}}.$$

Es könnte die Myopie noch um etwa 1 bis 1.5 Dioptrien stärker sein, der Fernpunkt statt in 24″ vielleicht in 16 Zoll liegen. Die Differenz zwischen scheinbarer und wirklicher Myopie des in Wasser getauchten Fischauges ist nicht bedeutend. Dem entsprechend sieht der Beobachter ohne Aenderung seiner Accommodation gleichzeitig die Sehnervenfaserschicht ganz scharf im aufrechten Bilde, und auch die Andeutung der Aderhautstructur in genügender Schärfe. Die Constante $F_1 \times F_2$ ist für das Hechtauge (64) zwar kleiner als beim Menschen (300), aber doch erheblich grösser als beim Froschauge (12).

Bei einem Hecht von 0·5 Kgrm. Gewicht, 30^{cm} Körperlänge, war die Hornhaut-

breite		13^{mm}
die Pupillenbreite		6 „
r	*a*) am nasalen Rande des Pupillarbereiches	7 „
	b) am temporalen Rande des Pupillarbereiches	14 „
	c) inmitten des Pupillarbereiches	12 „

Das Reflexbild der Scheibe bei *a* regelmässig aus concentrischen Kreisen bestehend, bei *b* und *c* querelliptisch.

Myopie in Luft excessiv,	Fernpunktsabstand	2 Zoll
„ unter Wasser minimal	„	24 Zoll

Bei einem grossen Hecht zeigt das rechte Auge eine Breite der Hornhaut von etwa 12^{mm}, eine Höhe von mehr als 10^{mm}, eine Breite der Pupille von 7^{mm}, eine Höhe von 6^{mm}. In Luft besteht excessive Myopie von etwa 2 Zoll Fernpunktsdistanz. Das mit dem Keratoskop gewonnene Hornhautreflexbild war inmitten des Pupillarbereiches 6^{mm} breit und 4^{mm} hoch und von unregelmässiger Gestaltung (Fig. 3 *a*); am nasalen Rande des Pupillarbereiches 6^{mm} hoch



Fig. 3 a.
Hornhautreflexbilder des Keratoskops beim Hecht.
a) von der Mitte des Pupillarbereiches.
b) vom nasalen Rande desselben.
c) vom temporalen Rande desselben.

[1] Directe Messung von Dickendurchschnitten der Hechtretina ergab mir $\delta = 0 \cdot 2^{\mathrm{mm}}$. Da ich aber auch hinter der Sehnervenfaserschicht gleichzeitig ein anderes Liniensystem mit genügender Schärfe wahrnahm, so war der Apparat meines corrigirten Auges doch nicht mathematisch scharf auf die Sehnervenfaserschicht eingestellt und die Annahme $\delta = 0 \cdot 1^{\mathrm{mm}}$ wohl zulässig.

und 4 mm breit (Fig. 3 *b*); am temporalen Rande des letzteren 8 mm breit und 5 mm hoch (Fig. 3 *c*); oberhalb des Pupillarbereiches 10 mm breit, 5 mm hoch und sehr unregelmässig. Der Krümmungsradius der Hornhaut ist etwa das Doppelte der Reflexbildlänge bez. Breite. Wir haben also die Wahl zwischen verschiedenen Hornhautradien und können auch vom blossen Auge leicht erkennen, dass der im ganzen flachen Hornhaut des Hechtes ein sanft ansteigender Epicyclus von stärkerer Krümmung im nasalen Theil des Pupillargebietes aufgesetzt erscheint.

Jedenfalls ist für ein Fischauge, das dem menschlichen an Grösse nahekommt, der physiologisch wichtigste centrale Theil der Hornhaut mit einem horizontalen Krümmungsradius von 12 mm bez. 16 mm, also mit einer Brechkraft von $^1/_{36}$ bez. $^1/_{48}$ in Millimeterwerth ausgestattet.

Bei dieser Gelegenheit sei noch einer optischen Eigenthümlichkeit des Hechtauges gedacht, welche von der Form und Lage der Krystalllinse abhängt. Schon Sömmering d. J. und J. Müller haben darauf hingewiesen, dass bei Fischen die Convexität der Linse über das Pupillargebiet in die Vorderkammer hineinrage. Es schien dies derzeit gewiss um so auffälliger, als man damals noch geneigt war, die menschliche Krystalllinse hinter die Iris nach hinten zurücktreten zu lassen; erst die Anatomie am Lebenden, die wir den neueren von Helmholtz eingeführten Untersuchungsmethoden verdanken, hat uns belehrt, dass der vordere Linsenpol in der Pupillarebene des menschlichen Auges belegen ist.

Wer mit Hilfe des Augenspiegels das Hechtauge durchleuchtet, sieht den grossen mittleren Bereich der querovalen Pupille hell röthlich leuchten; dann folgt eine zartgrauliche Randzone der Krystalllinse und nasen- wie schläfenwärts der eigentliche Rand der Krystalllinse, welcher eine metallisch schimmernde Linie darstellt; der Zonularraum, der nasenwärts im Pupillarbereich frei liegt, erscheint ganz dunkel. Die Erklärung dieses Phänomens ist einfach. Oben und unten ist der Linsenrand wegen der im verticalen Durchmesser geringeren Oeffnung der Pupille durch die undurchsichtige Iris verdeckt. Rechts und links bleibt er frei. Aber wegen der vorgerückten Lage und Convexität der Krystalllinse erscheint ihr lateraler Rand bei der Durchleuchtung wie der Rand der menschlichen Linse bei auffallendem Licht, d. h. bei der seitlichen oder focalen Beleuchtung. In die aphakische Zone des Pupillargebietes kann aber, wenn wir den Netzhautmittelpunkt als erleuchtet ansehen, überhaupt kein Theil des zurückkehrenden Lichtes hineingelangen, da die Tangente zur Linsenkugel nach der Hinterfläche der Iris zielt. Blickt und leuchtet man schräg (nasenwärts) in die Pupille hinein, so erscheint der linsenhaltige Theil der letzteren hellröthlich, der Zonularraum bleibt dunkel; nur zeitweise gewinnt man einen schwachen Lichtschimmer aus demselben bei Drehung des Spiegels

Bei einer grossen Plötze war (am rechten Auge) die Hornhautbreite $= 12^{\mathrm{mm}}$, die Breite der rundlichen Pupille $= 6^{\mathrm{mm}}$. Wurde der lebende Fisch in Luft gehalten, so entsprach die Myopie des Auges nach der Augenspiegeluntersuchung einer Fernpunktsdistanz von etwa 2 Zoll. Das Reflexbild, welches der mittlere Theil der Hornhaut von unserer Scheibe lieferte, war etwa 4^{mm} breit, 3^{mm} hoch; im Ganzen etwas regelmässiger, als beim Hecht und nach dem Gesagten von dem Reflexbild einer normalen menschlichen Hornhaut nicht so erheblich an Grösse abweichend. Der mittlere Theil der Hornhaut dieses Fisches hatte also Krümmungsradien, welche zwischen 6 und 8^{mm} schwanken.

Der obere Theil der Hornhaut entwarf von der Kreisscheibe ein Spiegelbild in Form einer verticalen, der temporale Theil in Form einer horizontalen Ellipse, deren Längsaxe etwa 8^{mm} lang war. Somit kommen in den mehr excentrischen Partien dieser Hornhaut Krümmungsradien von 16^{mm} vor.

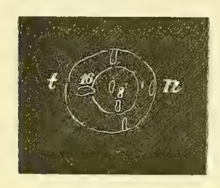


Fig. 4.
Reflexbilder der Hornhaut einer Plötze von derselben Lichtflamme.
Zahlen = Krümmungsradien.
n nasale Seite.
t temporale Seite.

Eine klare Anschauung von den Krümmungsverhältnissen dieser Hornhaut giebt die schematische Fig. 4, welche die Reflexbilder einer Gasflamme an den verschiedenen Stellen der Hornhaut ihrer Grösse nach darstellt. Man erkennt, dass die im Ganzen flache Hornhaut im inneren oberen Theil des präpupillaren Bereiches einen stärker gekrümmten Epicyclus mit einem stark gekrümmten Nabelpunkt enthält.

Aehnliche Bilder erhält man am Menschen nur unter pathologischen Verhältnissen, im Fall des Keratoconus.

Bei einer kleinen Plötze war die Breite der Hornhaut 10, der Pupille 5^{mm}, des vom präpupillaren Theil der Hornhaut gespiegelten und ziemlich stark verzerrten Keratoskop-Reflexbildes auch 5^{mm}, die Höhe derselben geringer ($r = 10^{\mathrm{mm}}$). Der Linsenrand nicht sichtbar, wohl aber umschriebene trübe Punkte in der Linse, was recht häufig, ja meistens bei Fischen beobachtet wird. Die objectiv gemessene Myopie des lebenden Auges in Luft entspricht einer Fernpunktsdistanz von $1^1/_2$ Zoll.

Bei einer kleinsten Plötze war die Breite der Hornhaut 7, der Pupille 4^{mm}, die Breite des in der Mitte der Hornhaut gespiegelten Keratoskop-Reflexbildes 3^{mm}; die Höhe desselben 2 ($r = 6^{\mathrm{mm}}$). Der Fernpunktsabstand des lebenden Auges in Luft etwa 1″. Gerade hier war die Einstellung auf das directe umgekehrte Augengrundbild eine genügend scharfe, da jedes Blutgefäss eine feine rothe Linie darstellte.

Bei einem Aal von 60 cm Länge war links die Hornhautbreite 5 mm, Pupillarbreite $2^1/_2$ mm, Krümmungsradius der Hornhaut $5^1/_2$ bis 7 mm inmitten des Pupillargebiets. Das Reflexbild war stark verzerrt, — natürlich auch das Augengrundbild in Luft; starke Myopie dabei zu constatiren. Atropin und Eserin wirken nicht merkbar auf die Pupille.

Ziehen wir das Facit aus diesen Beobachtungen am lebenden Fischauge. Die Fischcornea, die im Wasser nicht gebraucht wird, ist ebensowenig ausgearbeitet, wie die dem Beschauer abgewendete Seite der Giebelstatuen altgriechischer Künstler. Im Ganzen ist die Hornhaut flach im Verhältniss zur Sehaxenlänge. Bei einem Hechtauge, dessen Hornhautbreite gleich der des Menschen, dessen Sehaxenlänge halb so gross wie die des Menschen, kommen im Pupillargebiet Krümmungsradien vor, die über doppelt so gross sind wie die des Menschen; jedoch ist der nasale Theil des präpupillaren Gebietes merklich stärker gekrümmt als der temporale.

Nichtsdestoweniger wäre es ungereimt, die optische Wirkung der Hornhaut, wenn das Fischauge in Luft taucht, gleich Null zu setzen. Sie ist bei derartigen Hechtaugen immer noch fast so gross wie die der Krystalllinse des menschlichen für seinen Fernpunkt accommodirten Auges. Ebenso wie der Verlust der Krystalllinse ein normales Menschenauge stark übersichtig macht (H $^1/_3''$), wird das Fischauge, sowie es in Luft emportaucht, durch Inkrafttreten der Hornhautbrechung stark kurzsichtig. Der Fernpunkt liegt 1—3″ vor dem Fischauge, je nach der Grösse des letzteren. Dies lehrt die objective Refractionsmessung mit Hilfe des Augenspiegels.

Der Betrag dieser Kurzsichtigkeit wird nahezu gedeckt durch die Brechkraft der Hornhaut, wie sie sich aus dem Krümmungsradius der Hornhaut annähernd berechnen lässt. Hiernach ist zu vermuthen, dass die Refraction des in Wasser getauchten Fischauges nur wenig von dem normalsichtigen, emmetropischen Zustand abweichen werde.

Die directe Beobachtung mit dem Augenspiegel bestätigt die Vermuthung in unwiderleglicher Weise. Das in Wasser getauchte Fischauge ist aber nicht vollkommen normalsichtig, sondern leicht kurzsichtig. Der Fernpunkt des Hechtauges liegt etwa in 24 Zoll, vielleicht etwas näher, vielleicht auch nicht. Die optischen Bilder des in Wasser getauchten Auges vom Hecht sind recht gute. Wir verstehen in optischer Hinsicht die kraftvolle Action dieses kühnen Räubers; auch ein Mensch mit einem ähnlich geringen Grade von Myopie sieht recht gut für alle gewöhnlichen Verrichtungen, selbst ohne Concavglas.

Hr. Plateau schenkt dem Hecht in Wasser eine Fernpunktsdistanz von 50 mm oder $1^1/_2''$, ohne zu bedenken, dass mit so engem Sehbereich die Hechte wohl lange im Kampf um's Dasein zu Grunde gegangen wären.

Ich bemerke übrigens noch, dass vom teleologischen Standpunkte aus eine mässige Kurzsichtigkeit der Fische nicht unzweckmässig scheint. Auch das klarste Wasser ist auf grössere Strecken undurchsichtig.

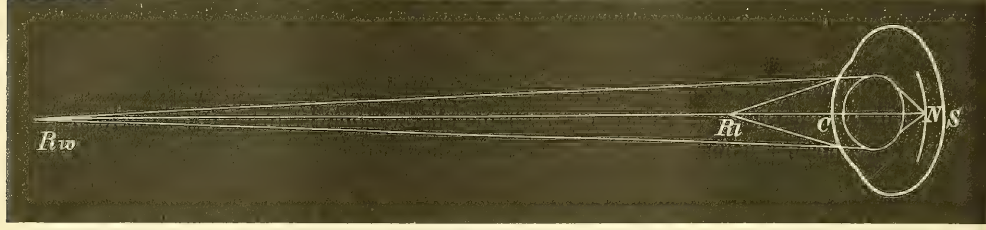


Fig. 4a.

Schema des Strahlenganges im Hechtauge (nach dem Verfasser).

Rl Fernpunkt in Luft.

Rw Fernpunkt in Wasser.

$\overline{CRl}$ und $\overline{CRn}$ sind auf $^1/_6$ reducirt; das Auge hat seine richtigen Dimensionen.

N ist die Netzhaut, *S* Sclera, *C* Cornea.

Das von einem Netzhautpunkt ausgehende Strahlenbündel ist im Kammerwasser nahezu parallel.

Matthiessen's Fischaugen in Wasser sind emmetropisch; doch ist eine Constante, der totale Brechungsindex der Linse berechnet und nicht beobachtet; jedenfalls mögen seine Zahlen hier eine Stelle finden, um Plateau's Anschauungen zu entkräften. Matthiessen (*Dioptrik.* 1877. S. 217) fand beim Seebarsch

r der Hornhaut	6·6 mm
r der beiden Linsenflächen	2·5 „
Axe und Durchmesser der Linse	5·0 „
Ort der vorderen Linsenfläche	0·5 „
„ des Linsencentrums	3·0 „
„ der hinteren Linsenfläche	5·5 „
„ der Retina	8.5 „
Brechungsindex der Hornhaut	1·38 „
„ des Glaskörpers	1·335 „
„ der äusseren Corticalschicht der Linse	1·38 „
„ „ „ „ bis 1 mm tief	1·43 „
„ „ mittleren Linsenschicht	1·49 „
„ des festen Kerns	1·5 „
Er berechnet den totalen Brechungsindex der Linse n =	1·7 „
und die Brennweite F_1 der Linse im Glaskörper . .	5·5 „

Es ist nicht wahrscheinlich, dass den Fischen eine accommodative Linsenverdickung gegeben ist, wie dem Menschen, der übrigens im ganzen

Thierreich relativ die flachste Linsenform besitzt. Die Fischlinse ist kugelig, d. h. ungünstig für eine Verlängerung in Richtung der Sehaxe; auch zu fest, um rasch ihre Form zu ändern.[1]

Was die anatomischen Verhältnisse der Fischaugen anbetrifft, so lehrt schon die makroskopische Präparation des Hechtauges Folgendes: 1) Beim Aequatorialschnitt sieht man, dass die kugelige Krystalllinse einen verhältnissmässig kleinen Umfang besitzt, dessen Kreis die Ellipse der Pupille am oberen und am unteren Rande von innen her berührt, während zwischen dem nasalen und temporalen Pupillarrande einerseits und dem entsprechenden Linsenrande andererseits ein freier Raum (Zonularraum) übrig bleibt, der übrigens vollkommen durchsichtig ist. Der Glaskörper ist nur eine dünne fast membranöse Schicht. 2) Auf dem Horizontalschnitt stellt die Hornhaut gewissermaassen einen Concavmeniscus dar, indem ein solides Ligamentum pectinatum iridis sich ihrer Hinterfläche anschmiegt. Dies ist schon im Anfange unseres Jahrhunderts von Rosenthal (*Archiv f. Physiol.* von Reil und Autenrieth. Bd. X, S. 398) angemerkt und von Dr. W. Sömmering (*De ocul. hom. animaliumque.* Gott. 1818) sorgfältig abgebildet worden. Im Ganzen wird der Meniscus wenig ausmachen, doch kann dadurch die Myopie ein wenig geringer sein, als sie bei parallelen Hornhautflächen betragen würde.[2]

---

[1] Aber unmöglich ist es nicht, dass Fische doch eine Art von Accommodation besitzen, nämlich durch Lageveränderung der Krystalllinse.

Dicke der Linse zur Breite derselben

beim Menschen (puella XX annor.)	= 1·6‴	: 3·6‴	= 1 : 2·5	
bei Simia Inuus	= 2·0	: 3·4	= 1 : 1·7	
„ Canis Lupus	= 3·9	: 5·4	= 1 : 1·4	
„ Phoka groenl.	= 4·6	: 5·0	= 1 : 1·1	
„ Falco chrysaetos	= 3·8	: 5·7	= 1 : 1·5	
„ Anas cygnus	= 3·0	: 3·8	= 1 : 1·26	
„ Rana temporia	= 1·6	: 2·0	= 1 : 1·25	
„ Lacerta monitor	= 1·7	: 2·4	= 1 : 1·4	
„ Coluber Aescul.	= 1·4	: 1·4	= 1 : 1	
„ Esox lucius	= 3·4	: 3·4	= 1 : 1	(Soemmering.)

Auch bei den Säugethieren und Vögeln haben die Wasserbewohner eine nahezu kugelige Linse (1 : 1).

[2] Matthiessen (*Dioptrik.* Leipzig 1877. S. 217) fand den Brechungsindex der Hornhaut des Seebarsches und des Dorsches gleich 1·38. Den Krümmungsradius der vorderen Hornhautfläche des Hechtes nach Sömmering's Abbildung zu 14, den der Linse zu 4, den der hinteren Hornhautfläche mit einiger Annäherung zu 9 mm gesetzt, die Dicke der Hornhaut zu 1 mm: so hätten wir die Brennweite des auf die benetzende Wasserschicht an der Hornhautoberfläche folgenden Concavmeniscus

$$\varphi = \frac{n_1 \, n_2 \, r_1 \, r_2}{(n_2 - n_1) \, [n_2 \, (r_2 - r_1) + (n_2 - n_1) \, d]} = -739^{\text{mm}}$$

Hinsichtlich der Maasse eines grossen Hechtauges sei folgender Fall hervorgehoben:

Länge des Auges	15 mm,	Breite	20 mm
„ der Linse	7 „	„	7 „

Abstand der Netzhaut von der Vorderfläche der Hornhaut (Sehaxenlänge) 12 mm.

Beim Fischauge besteht wegen der Choroidaldrüse ihres Analogons immer ein verhältnissmässig beträchtlicher Unterschied zwischen Bulbus und Sehaxenlänge (15:12 mm, — beim Menschen 24:23 mm!)

Für ein Plötzenauge fand ich:

Länge des Auges	7 mm,	Breite	10 mm
„ der Linse	3 „	„	3·5 „

Glaskörperraum sehr eng.

Sömmering's Zeichnung ergiebt für ein sehr grosses Hechtauge eine

Sehaxenlänge von	15	mm
Augenaxenlänge	20	„
Hornhautbreite	20	„
Hornhautdicke	1	„ im Centrum
Vorderkammertiefe	< 1	„
Linsenlänge	$7\frac{1}{2}$	„
Linsenbreite	$7\frac{1}{2}$	„
Abstand zwischen hinterem Linsenpol und Netzhaut	5	„
Netzhautdicke	< $\frac{1}{2}$	„

Sömmering's Beschreibung des Hechtauges lautet im Auszug:

Bulbus magnus, horizontaliter paullum oblongus. Corneae facies anterior cum posteriore minime concentrica. Choroïdea admodum crassa. Nervus opticus crassus; nervi medulla externe sclerotices et choroïdeae crassitiem flexuose penetrans, in caudam quasi ut in avibus complanata, originem praebet retinae forti. Ex hac nervi insertione processus quoque excurrit falciformis niger, versus marginem uveae inferiorem tendens,[1] ubi in campanulam Halleri prominentem pigmento

---

Aber wir kennen r_2 nicht genau genug und r_1 ist zu hoch gegriffen. Auch die menschliche Hornhaut ist eigentlich ein Concavmeniscus von etwa 8700 mm Brennweite. (Helmholtz, *Physiologische Optik.* S. 71.)

[1] Vgl. unten die opthalmoskopische Beschreibung.

nigro obductam, intus vero albam terminatur. Lenti campanula haec subtus affixa, in superiore vero parte ligamento albido latiusculo satis firmo cum vitreo corpore connectitur Lens globosa, hemisphaerio suo toto super iridem eminens, corneae quamvis proxima, non tamen ei presse accumbit neque pupillae aream implet, ita ut radii lucis multi inter lentem et pupillae limbum ad retinam perveniant. Humor aqueus paucissimus, vitreus parvus.

Vergleichen wir das Auge des lebenden Frosches mit dem des Fisches (Hechtes).

Der Augapfel des Frosches ist nahezu kugelrund, der des Fisches queroval. Die Hornhaut des Frosches ist durchaus regelmässig und genügend gewölbt, der Krümmungsradius nahezu gleich der halben Sehaxe; die Hornhaut des Fisches ist durchaus unregelmässig und dabei flach gewölbt, der Krümmungsradius gleich der doppelten Sehaxe und darüber. Die Einstellung des Froschauges in Luft ist scheinbar hypermetropisch, die des Fischauges in Luft stark myopisch; das von den brechenden Medien selbst entworfene Bild der Netzhautvorderfläche liegt einige Zoll hinter dem Froschauge in Luft und ist aufrecht, wenige Zoll vor dem Fischauge in Luft und ist umgekehrt: ein grösserer Unterschied der Einstellung kann kaum gedacht werden.

Bezüglich des Froschauges ist die bemerkenswerthe Thatsache zu constatiren, dass ihm jede Spur jener accommodativen Aenderung der Linsenwölbung fehlt, die wir beim Menschen so bequem objectiv nachweisen können.

Träufeln wir Atropinlösung in das gesunde Menschenauge, so wird dasselbe durch Abflachung der Krystalllinse für seinen fernsten Punkt eingestellt; träufeln wir Eserinlösung ein, so wird das menschliche Auge durch stärkere Wölbung der Krystalllinse auf seinen nächsten Punkt fest eingestellt.

Das Froschauge hat, wie die objective Untersuchung mit dem Augenspiegel lehrt, dieselbe Refraction vor wie nach der Atropin-, bez. Eserin-Einträufelung. Nach den Anatomen fehlt dem Froschauge der Ciliarmuskel. Uebrigens ist seine Krystalllinse ziemlich hart, fast kugelig und füllt den grössten Theil des Bulbusraumes aus; folglich ist jede stärkere accommodative Schwankung der Linsenform fast auszuschliessen.

Stellt ein Beobachter sein Auge mit Hilfe des Ophthalmoskops genau auf die Sehnervenfaserausstrahlung am unteren Rande der Papille ein, was bei der Schärfe des Bildes sehr gut angeht, so findet er regelmässig eine scheinbare Hypermetropie des in Luft getauchten Froschauges, welche je nach der Grösse des letzteren zwischen $\frac{1}{8}''$ und $\frac{1}{5}''$ $(= 5 - 7 \cdot 5$ Diopt.) schwankt: d. h. das scheinbar von einem Punkte der Netzhautvorderfläche ausgehende Strahlenbündel verlässt das Froschauge divergent; in der Weise, als ob es von einem 8 bez. 5 Zoll (216 bez. 135^{mm}) hinter dem Frosch-

auge gelegenen Punkt ausginge. Bei den grösseren (ungarischen) Fröschen ist jene scheinbare Hypermetropie etwas geringer $\left(\frac{1}{8}''\right)$ als bei den kleineren gewöhnlichen $\left(\frac{1}{5}''\right)$.

Beim Menschenauge liefert die Einstellung auf den (temporalen) Sehnervenrand auch die wirkliche Refraction: wenigstens ist der Fehler unbedeutend, den der Tiefenabstand zwischen der beim Augenspiegeln lichtreflectirenden und der von uns nicht wahrnehmbaren, beim Sehact lichtpercipirenden Fläche der Stäbchen- und Zapfenschicht einführt: ein positiver Abstand von $0 \cdot 3$ mm würde eine scheinbare Hypermetropie von $\frac{1}{40}''$ oder 1 D einführen [1]; einem solchen von $0 \cdot 15$ mm, wie er factisch anzunehmen, entspräche eine Hypermetropie von $\frac{1}{80}''$, d. h. das schwächste in unserem Brillenkasten vorfindliche Glas, dessen optische Wirkung fast unmerklich ist. [2]

Anders liegen die Verhältnisse für den Frosch. Es ist eine höchst bemerkenswerthe Thatsache, dass, während die Sehaxe auf $^1/_3$ bis $^1/_4$ der menschlichen (nämlich auf 6—8 mm); die Constante $F_1\,F_2$ auf $\frac{1}{25}$ des Werthes beim Menschen (nämlich auf $3 \times 4 = 12$) [3] reducirt ist, die Netzhautdicke von derselben Grössenordnung (etwa $0 \cdot 3$ mm) geblieben.

Setzen wir beim Frosch $\varphi_2 = -12\,\mu = -0.012$ mm; so wird $\varphi_1 = \frac{-12}{0.012} = \frac{-12 \times 1000}{12} = -1000$ mm. Die scheinbare H wird $\frac{1}{40}''$ ($= 1\,D$), wozu beim Menschen der Tiefenabstand 25 Mal so gross ($= 300\,\mu$) sein müsste.

Dass sehr geringe Tiefenabstände in der Froschnetzhaut schon beträchtliche Refractionsunterschiede bedingen, ist sehr leicht nachzuweisen; hat der (nicht accommodirende) Beobachter durch ein passendes Glas hinter dem Augenspiegel sich auf die Sehnervenfaserschicht der Froschnetzhaut

---

[1] $F_1\,F_2 = \varphi_1\,\varphi_2$ giebt für das reducirte Menschenauge $15 \times 20 = \varphi_1\,\varphi_2$; setzen wir $\varphi_1 = -1000$ mm, so wird $\varphi_2 = \frac{300}{-1000} = -0 \cdot 3$ mm; w. z. b. w.

[2] Weit grösser ist mitunter, bei unregelmässiger Form des menschlichen Augapfels, der Unterschied des Radius vector, der vom Knotenpunkt zum Sehnervenrand einerseits und vom Knotenpunkt zur Fovea andererseits gezogen werden kann.

[3] $F_1 = 3$ mm nach Kühne's Optographie und meiner Ophthalmomikrometrie. Die Länge der Froschpapille hatte ich zu $0 \cdot 5$ angenommen; die genauere Mikrometrie ergiebt mir $0 \cdot 455$ mm. — In der Note S. 83 dieses Jahrgangs ist ein Rechenfehler uncorrigirt geblieben.

scharf eingestellt, so muss er das gefundene Correctionsglas noch mindestens um $+ \frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{8}''$ verstärken, damit der Blutstrom der so dünnen Vena hyaloïdes in vollster Deutlichkeit erscheine.

Um die Hypermetropie von $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{8}$ in Zollmaass (8 bis 5 Dioptrien) beim Frosch für eine scheinbare zu erklären, bedürfen wir nur der Annahme, dass die wirklich lichtauffangende Fläche 5×0.012 bis $8 \times 0.012 = 0{\cdot}06$ bis 0.096^{mm} hinter der Sehnervenfaserschicht liegt. Dieser Abstand ist aber thatsächlich noch grösser. Nach meiner Messung liegt die musivische Schicht etwa 0.2^{mm} hinter der Sehnervenfaserschicht in der Nähe der Papille. Nichts hindert uns, das Froschauge in Luft für myopisch zu halten.

$$\varphi_1 = \frac{F_1 \times F_2}{\varphi_2} = \frac{3 \times 4}{0{\cdot}2} = 60^{\text{mm}}$$
$$\frac{1}{60}^{\text{mm}} = + 16 \text{ Diopt.}$$

Wird dieser Betrag der scheinbaren Hypermetropie von 8 Dioptrien hinzugefügt, so bleibt eine wirkliche Myopie von 8 Dioptrien oder $^1/_5$ in Zollmaass. Dass der Frosch in Luft gut sieht und nicht bloss auf ganz kurze Distanzen, lehrt die Beobachtung, — wie geschickt er die Fliegen im Sprunge erhascht.

5 Zoll sind 135^{mm}. Ich will keineswegs behaupten, dass die Fernpunktsdistanz des Frosches in Luft nicht grösser sein könne. Aber für noch kleiner möchte ich sie nicht halten, und den Werth des Hrn. Plateau (35^{mm}) halte ich für ganz unwahrscheinlich. Kühne erhielt bei einer Objectdistanz von 250^{mm} scharfe Optogramme auf der Netzhaut des eben getödteten Frosches; auch dieses Resultat stimmt doch noch eher mit meinen Anschauungen als mit Plateau's Zahlen überein.

Wollten wir uns einen Augenblick auf den teleologischen Standpunkt stellen, so könnten wir sagen, dass für den Frosch, — schon um seine eigenen Glieder einigermaassen deutlich zu sehen, eine gewisse Kurzsichtigkeit zweckmässiger sei, als die Emmetropie, die den Menschen ziert.[1]

Auch ohne jede accommodative Linsenverdickung wird die Accommodationslinie beim Frosch länger sein, als bei einem auf dieselbe Entfernung eingestellten Menschen aus einem doppelten Grunde, einem dioptrischen und einem histologischen: die kurze Brennweite des dioptrischen Systems beim Frosch muss die Bilder der in ziemlich verschiedenen Entfernungen, vor und hinter seiner Fernpunktsebene, belegenen Gegenstände in eine kurze Strecke der Sehaxe zusammendrängen; die relative Breite der musivischen

---

[1] Os homini sublime dedit coelumque tueri jussit. Ovid.

Elemente[1] (bis 7 μ) muss absolut grössere Zerstreuungskreise eines leuchtenden Punktes zulassen, ehe die Wahrnehmungsfähigkeit aufhört.[2]

Die Hornhaut des Frosches hat im Pupillargebiet einen Krümmungsradius von etwa 4 bis 5 ^{mm} und ist ausserordentlich regelmässig gewölbt, genau so wie beim Menschen. Von einer Abplattung in der Hornhautmitte ist keine Spur am lebenden Frosch mit Hilfe der optischen Methoden zu entdecken. Die vordere Hauptbrennweite des brechenden Hornhautsystems ist $F_{1c} = 3 \times 4$ bis $3 \times 5 = 12$ bis 15 ^{mm}. Der Ausfall eines solchen Systems muss recht merkbar sein.

Wäre das Froschauge in Luft factisch nahezu normalsichtig, so müsste dasselbe, in Wasser getaucht, stark übersichtig werden und würde, um die Normalsichtigkeit beizubehalten, eine positive Taucherlinse brauchen, der in Wasser eine Brennweite von etwa $^1/_2$ Zoll zukommt, wie der Mensch unter Wasser eine solche von etwa $1^1/_4$ bis $1^1/_2''$ braucht.

Ist der Frosch in Luft kurzsichtig (mit Myopie $\frac{1}{8}''$ oder $\frac{1}{5}''$, Fernpunktsdistanz 216 ^{mm} oder 135 ^{mm}), so wird er in Wasser nicht bloss weniger kurzsichtig, sondern immer noch sehr stark übersichtig sein, da $\frac{1}{216}$ und selbst $\frac{1}{135}$ gegen $\frac{1}{12}$ nur wenig in Betracht kommt.

---

[1] Beim Menschen sind die Zapfen 32 = 36 μ lang, 4·5 — 6 μ breit, (in der Fovea 60 — 100 μ lang, 3 μ breit, an der Spitze sogar nur 1 μ)

Beim Fisch sind die Zapfen länger als beim Menschen.

Beim Frosch sind die Zapfen 20 μ lang, 5 μ breit.

Beim Menschen sind die Stäbchen 60 μ lang, 2 μ breit.

Beim Fisch sind die Stäbchen 74 μ (und mehr) lang. 2·5 μ breit.

Beim Frosch sind die Stäbchen 6 — 7 μ breit.

[2] Es sei für den Menschen $F_1 \times F_2 = 300$, für den Hecht in Wasser $= 8 \times 8 = 64$. für den Frosch in Luft $= 3 \times 4 = 12$; φ_1 sei die Object-, φ_2 die Bilddistanz, von den Hauptbrennpunkten ab gerechnet. Die Pupillenbreite p sei 4 ^{mm} für den Mensch, 7 ^{mm} für den Hecht, 4 ^{mm} für den Frosch. Dann ist die Breite der Zerstreuungskreise eines Lichtpunktes $Z = p \frac{F_1}{F_1 + \varphi_1}$, wenn das Auge emmetropisch vorgestellt wird. (Vgl. Helmholtz, *Physiologische Optik.* S. 100.) Man erhält die folgende Tabelle.

Mensch.			Hecht.			Frosch.		
φ_1	φ_2	Z	φ_1	φ_2	Z	φ_1	φ_2	Z
∞	0	0 mm	∞	0	0	∞	0	0
65000	0·05	0·0011	65000	0·0009	0·0008	65000	0·00018	0·00018
12000	0·025	0·0056	12000	0·005	0·0046	12000	0·001	0·0011
3000	0·100	0·0222	3000	0·021	0·0119	3000	0·004	0·004
750	0·40	0·08	750	0·08	0·074	750	0·016	0·016
94	3·2	0·5	94	0·7	0·55	94	0·12	0·12

Das beim Eintauchen des Froschauges in Wasser die Refraction des Auges sich stark verringert, lehrt der Versuch. Ich sah mit einem Convexglas von $7^1/_2''$ Brennweite ($= 5\ D$) hinter dem Spiegel im aufrechten Netzhautbilde den Gefässbaum der Vena hyaloïdes; träufelte einige Wassertropfen auf die Cornea und legte (ohne jeden Druck) ein kleines Stückchen eines Deckgläschens auf: jetzt brauchte ich ein Correctionsglas von $+ 2^1/_2''$ ($= 16\ D$) hinter dem Spiegel, um den Gefässbaum einigermaassen deutlich zu erkennen; doch fehlten mir noch stärkere Gläser zum Vergleich; das Bild war nicht ganz scharf und stark verkleinert.[1]

Soviel ist sicher, dass in anatomischer Hinsicht durch die Wölbung der Cornea, in functioneller durch die scheinbare Hypermetropie das Froschauge sich dem Auge der Landthiere nähert, während allerdings die kugelige Wölbung seiner Krystalllinse wieder mehr dem Fischauge zu entsprechen scheint.

Wahrscheinlich ist, dass wir dem Froschauge in Luft eine einigermaassen kurzsichtige Refraction zuschreiben müssen; die Netzhautdicke ($0 \cdot 2^{mm}$) kommt schon gegenüber der kurzen Brennweite des Systems ($F_1 \times F_2 = 12$) erheblich in Betracht: so sicher man auch beim lebenden Frosch die Refraction für die Netzhautvorderfläche bestimmen kann, die musivische Schicht, auf welche es hierbei functionell allein ankommt, kann man nicht am lebenden Auge mit dem Spiegel einstellen.

Es erübrigt noch, einige der an Froschaugen angestellten Messungen in Kürze mitzutheilen. Bei einem gewöhnlichen Frosch, dessen Augengrundsbild das Eigenthümliche hatte, dass die Arteria hyaloïdes nicht weit von der Papilla (nasenwärts) verlief, und deshalb zu der Anfertigung unserer schematischen Zeichnung benutzt wurde, war die Breite der Hornhaut 7^{mm}, der Pupille $4^1/_2{}^{mm}$, des im Verhältniss zum Fischauge sehr regelmässigen Scheibenreflexbildes 2^{mm}, also der Krümmungsradius der Hornhaut etwa 4^{mm}. Die scheinbare Hypermetropie war $\frac{1}{8}'' = 5\ D$, wenn ich für das Sehnervenfaserbündel einstellte, welches vom unteren Rande der Papilla schläfenwärts ausstrahlt. Ich träufelte in das rechte Auge von einer $^1/_2\,^0/_0$ Atropin-, in das linke von einer $^1/_2\,^0/_0$ Eserinlösung. Nach einigen Stunden war beiderseits die Pupille ein wenig enger als zuvor, jedenfalls kein merkbarer Unterschied zwischen beiden Pupillen und beiderseits die scheinbare Hypermetropie ein wenig erhöht (auf $\frac{1}{5}'' = 8\ D$), aber

[1] Da ich Hypothesen nicht erörtern will, lasse ich ganz dahin gestellt, ob der Frosch überhaupt einen Accommodationsapparat besitzt, um diesen Defect an Brechung unter Wasser auszugleichen, ob er z. B. seinen aus der Orbita frei hervorragenden Augapfel durch Druck seitens der Lider zu verlängern im Stande ist. Es wäre wünschenswerth, den Frosch beim Schwimmen genauer zu beobachten, als mir dies möglich ist.

zwischen beiden Augen kein merklicher Unterschied. (Die Einstellung auf die Vena hyaloïdes gab noch eine stärkere *H*, von 13 *D.*)

Ein zweiter Frosch zeigte:

Breite der Hornhaut . . . . 7 mm
„ „ Reflexbilder von der Hornhaut 2 (also $r = 4$ mm); der Pupille 4 „

Die scheinbare Hypermetropie war $^1/_8'' = 5$ *D.* In das rechte Auge wurde Atropin, in das linke Eserin geträufelt.

Nach einigen Stunden war die scheinbare Refraction dieselbe wie zuvor und gleich für beide Augen. Die scheinbare Refractionsdifferenz für Einstellung auf die Vena hyaloïdes und auf die Sehnervenfaserschicht betrug $+ 6$ *D.*

Am folgenden Tage war die Atropinpupille 4 mm breit
die Eserinpupille 3 „ „

Die scheinbare Refraction wenig geändert ($Hto\,\frac{1}{6^1/_2}'' = 6\ D$) und gleich für beide Augen.

Bei einem gewöhnlichen Frosch war beiderseits

die Breite der Hornhaut . . . . . 7 mm
„ „ „ Pupille . . . . . 4 „ bei Gaslicht;
„ „ des Scheibenreflexbildes fast 2 „
„ „ „ Fensterreflexbildss . . 0·5 „

Danach berechnet sich *r* auf 3·5 (bis 4) mm. Die Spiegelung der Hornhaut im praepupillaren Theil war durchaus so regelmässig wie beim normalen Menschenauge. Die scheinbare Hypermetropie betrug $\frac{1}{5}''$ (8 *D*) für die Sehnervenfaserung, $\frac{1}{3}''$ (13 *D*) für die Vena hyaloïdes; beiderseits gleich.

Rechts Atropin, links Eserin eingeträufelt, nach 1^h dieselbe Refraction. Einträufelung wiederholt.

Am folgenden Tage dieselbe Refraction. Dieser Versuch wurde bei einem Sommerfrosch wiederholt und genau dieselben Zahlen und Resultate gewonnen.

Bei einem grossem (ungarischen) Frosch war

die Breite der Hornhaut . . . . $9^1/_2$ mm
„ „ „ Pupille . . . . 6 „ (bei Gaslicht)
„ „ des Scheibenreflexbildes . . . $2^1/_2$ „
im praepupillaren Theile der Hornhaut. ($r = 5$ mm.)

Das Reflexbild der Fensterbreite betrug $^3/_4$ mm. ($r = 5·2$ mm.)

Die scheinbare H betrug 5 $D = \frac{1}{8}$ (Zoll), wenn man für die Sehnervenfaserausstrahlung am unteren Rande der Papille einstellte. Um den Doppelstrom in der Vena hyaloïdes am unteren Sehnervenrande scharf wahrzunehmen, war ein um 3 bis 4 D $\left(= \frac{1}{12} \text{ bis } \frac{1}{10}''\right)$ stärkeres Convexglas erforderlich. Am linken Auge desselben Thieres erhielt ich dieselben Werthe: die Pupille war im freien Tageslicht etwa 5.5^{mm} breit; ein Wechsel der Pupillenbreite bei abwechselnder Belichtung und Beschattung, wie beim gesunden Menschenauge, konnte nicht constatirt werden.[1]

Auf das rechte Auge wurde Atropinlösung ($^1/_2$ $^0/_0$) reichlich getupft, auf das linke Eserinlösung ($1^0/_0$). Nach einer Stunde, wo bei einem gesunden Menschen die Pupille des rechten Auges etwa $8 - 9^{mm}$, die des linken etwa 1^{mm} breit geworden, und das rechte auf seinen absoluten Fern-, das linke auf seinen Nahepunkt festgestellt sein würde, konnte ich an den Pupillen und in der scheinbaren Hypermetropie, also in der Refraction, einen Unterschied nicht wahrnehmen.

Die Einträufelungen wurden wiederholt; am folgenden Morgen war die Pupillenbreite und die scheinbare H wie vor der Einträufelung.

Die anatomische Untersuchung des Auges vom grossen (ungarischen) Frosch ergab am Horizontalschnitt:

Breite des Auges (des Aequators) $= 10^{mm}$
Länge „ „ „ „ $8^1/_2$ „
Hornhaut gut gewölbt.
Vorderkammer eng.
Breite der Linse 6^{mm}
Dicke „ „ 5^{mm}, also mehr als beim Menschen.

Die Linse füllt fast den ganzen Bulbusraum; zwischen ihr und der Retina bleibt ein mit Glaskörper gefüllter Spalt, der nicht viel breiter ist als die Vorderkammer.

Ich mass an einem Dickendurchschnitt vom gehärteten Froschauge, welcher Papilla und angrenzende Retina enthält, in letzterer

die Dicke der musivischen Schicht	$= 74\,\mu$
„ „ „ äusseren Körnerschicht . . .	$= 18 \cdot 5\,\mu$
„ „ „ Zwischen-Körnerschicht . . .	$= 18 \cdot 5\,\mu$
„ „ „ inneren Körnerschicht . . .	$= 92 \cdot 5\,\mu$
„ „ „ grauen Molecularschicht . .	$= 55 \cdot 5\,\mu$
„ „ „ Ganglienschicht	$= 18 \cdot 5\,\mu$
„ „ „ Sehnervenfaserschicht . . .	$= 37\,\mu$
	Summa $314 \cdot 5\,\mu = 0 \cdot 3^{mm}$.

[1] Pupilla . . tardissime movetur. Soemmering, l. c. p. 58.

Ich konnte in der mir zugänglichen Literatur eine ähnliche Messung der Froschretina nicht auffinden, will der meinigen auch keinen allgemeingültigen Werth beilegen; glaube aber, dass sie genügt, eine Grundlage für unsere annähernde Refractions-Berechnung abzugeben.

In Sömmering's Horizontalschnitt von Rana temporaria ist die

Augenachse	$6^3/_4$ mm
Sehachse	$6^1/_4$ „
Vorderkammertiefe	1 „
Linsendicke	4 „
Abstand zwischen hinterem Linsenpol und Netzhaut	$1^1/_4$ „

Seine Beschreibung lautet im Auszug:

Ranae temporariae bulbus oculi maximus, fere globosus, ante paullum depressus. Cornea magna, circularis, parum convexa, segmentum ejusdem sphaerae quam sclerotica efficit. Lens grandissima, fere globosa, maximum oculi spatium occupans, ita ut corneae et retinae proxima sit.

Vielleicht ist es nicht unzweckmässig, aus Sömmering's eigner Tabelle einen Auszug, betreffend das Auge des Menschen, des Frosches und des Hechtes, beizufügen. Das Längenmaass ist die Linie.

Mensurae oculorum.

	Bulbi.		Corneae.			Lentis.				Corporis vitrei.		
	Axis.	Diameter.	Diameter.	Radius convexitatis anterioris.	Distantia a lente.	Axis.	Diameter.	Radius convexitatis anterioris.	Radius convexitatis posterioris.	Axis.	Diameter.	Radius convexitatis posterioris.
Puella XX annorum	10·0	9·5	4·5	3·3	1·3	1·6	3·6	4·2	2·4	6·2	8·7	4·4
Rana temporaria	3·2	3·8	2·6	2·1	0·4	1·6	2·0	1·1	1·0	0·6	3·4	1·8
Esox lucius.	8·5	10·5	8·5	6·0	0·2	3·4	3·4	1·7	1·7	2·0	7·7	4·2

Aber ist es mir denn gelungen, mit den wenigen einfachen Versuchen, wie sie die spärliche Musse des beschäftigten Praktikers zulässt, in der That die grosse Zahlenreihe zu entkräften, welche Hr. Plateau nach langem, sorgsamem, über die ganze Wirbelthierreihe ausgedehntem Studium in seiner preisgekrönten Denkschrift niedergelegt hat? Mit Recht sagt Plateau, dass vor ihm die Literatur zwar zahlreiche anatomische Forschungen, aber in physiologischer Hinsicht nur theoretische Erörterungen, keine directen Ver-

Versuche über das Sehen der Amphibien und Fische enthalten habe. Und welche Versuche hat er denn selber am lebenden Auge angestellt? Er lässt das Fensterkreuz von der Hornhaut eines lebenden Fisches spiegeln. In der Mitte erscheint das Kreuz fast gerade, während oben und unten die Linien sich krümmen und zurücktreten: „Tandis que les portions supérieures et inférieures s'incurvent et fuient". Hieraus schliesst er, dass die Krümmung in der Mitte einer Ebene sich nähert, am Rande viel stärker sei. Von einer Messung der Breite der Reflexbilder ist keine Rede. Er verlässt auch sofort diese Methode und giebt dem Eingypsen der herausgenommenen Augen den Vorzug. Er zeichnet die Contourlinien der Gypsmodelle und bildet sie ab. Er erhält für die Hornhautcontur bei Fischen und Amphibien die Form eines vorn abgestumpften Kegels. Niemals findet man den Durchschnitt gut gehärteter Amphibien- und Fischaugen von solcher Form.

Auch in den klassischen Abbildungen von Sömmering ist davon nichts zu entdecken, wiewohl wir auch hier den Epicyclus der Fischcornea vermissen, der ja aber nicht gerade genau in die Horizontalebene hineinzufallen braucht.

Das Eingypsen giebt die Form des menschlichen Fusses unter normalen und pathologischen Verhältnissen genau wieder, aber nicht die der Fisch- und Froschcornea, und kann mit der optischen Reflexmethode nicht an Genauigkeit verglichen werden. Beim Eingypsen wurde der Epicyclus entweder platt gedrückt oder falsch localisirt.[1] Beim Hecht fand Plateau den Krümmungsradius des angeblich abgeplatteten Hornhautcentrums = $17\frac{1}{2}$ bis 20^{mm}, den der lateralen Hornhautpartieen = 8^{mm}, die Breite der abgeplatteten Partie 4^{mm} und die Breite der ganzen Hornhaut = 13^{mm}.

Ich fand bei einem Hecht, dessen Hornhaut 12^{mm} breit war, am temporalen Rande des Pupillarbereiches auch einen Hornhautradius von 16^{mm}, aber vor der Mitte der Pupille, und vor dem nasalen Rande einen solchen von 12^{mm}.

Uebrigens musste Plateau mitunter, wenigstens bei Vögeln (l. c. p. 24) einen gewissen Druck auf den herausgenommenen Augapfel ausüben, um ihm die zum Modelliren geeignete Form zu geben! Bei Rana temporaria fand er in der abgeplatteten Mitte der Hornhaut den Krümmungsradius von 9 bis 11^{mm}, am Rande der Hornhaut von 4^{mm}, die Augenaxe 8^{mm}; bei Rana esculenta den Krümmungsradius in der flachen Mittelpartie der Horn-

---

[1] Plateau, l. c. Explication de la planche: Chaque figure représente la coupe horizontale, telle que la donne le moulage; le crystallin y a été ajouté ensuite. (Sic!)

Für den Hecht (Fig. 1) ist die Linse sicher nicht richtig wieder hineingepackt worden: der Zonularraum ist beim lebenden Thiere nasenwärts breiter, in Plateau's Figur aber schläfenwärts.

haut 5 bis 6 mm, am Rande 3 mm, die Augenaxe 5·5 mm. Hierzu habe ich zweierlei zu bemerken: 1) Der Spiegelversuch, namentlich mit dem Keratoskop, zeigt unwiderleglich, dass im Pupillarbereich die Hornhaut des Frosches so regelmässig gekrümmt ist wie die des Menschen, und je nach der Grösse des Auges Krümmungsradien von 4—5 mm besitzt. 2) Die Zahlen des Hrn. Plateau als richtig zugegeben, wie kann man die Wirkung einer solchen Hornhaut in Luft = 0 setzen, wenn ihre vordere Hauptbrennweite zwischen 27 und 33 mm nach seinen eigenen Zahlen zu berechnen wäre? Nach meinen beträgt sie zwischen 12 und 15 mm.

Hr. Plateau hat endlich am hinteren Pol des herausgenommenen Auges ein Lichtfenster präparirt, in dasselbe ein passendes Stück (fragment convenable) aus einer geblasenen Hohlglaskugel eingesetzt, das er zwischen Sclerotica und Glaskörper einschob, und nun die Einstellung eines solchen Auges in Luft und in Wasser gemessen. Er fand für den Hecht die Fernpunktdistanz in Luft 40, in Wasser 50 mm; für den Frosch in Luft 35, in Wasser 36 mm. Diese Resultate sind an sich unwahrscheinlich und im Widerspruch mit der Dioptrik.[1] Trotz der angewendeten Lupenvergrösserung ist die Exactheit seiner Methode nur eine scheinbare. Beim Fisch liegt die Netzhautebene beträchtlich vor der Sclerotica. Bei Sömmering messe ich die Augenaxe des Hechtes = 20 mm, die Sehaxe = 15 mm. Differenz 5 mm oder $^1/_4$ der Sehaxenlänge. Beim Menschen beträgt dieselbe Differenz nur $^1/_{24}$.[2] Plateau's künstliche Netzhaut liegt beträchtlich hinter der natürlichen; das künstliche Auge muss auch in Wasser excessiv kurzsichtig sein. — Beim

[1] Selbst wenn wir dem Hechtauge unter Wasser eine so excessive Myopie geben wollten, dass die Hinzufügung eines brechenden Hornhautsystems von 20 mm Radius (Plateau's Maximum), also 60 mm vorderer Brennweite keine erhebliche Verrückung des Fernpunktes einführte, würden wir die obigen Zahlen nicht erhalten können. $\frac{1}{50}+\frac{1}{60}=\frac{110}{3000}=\frac{1}{27}$. Wäre die Fernpunktsdistanz des Hechtauges in Wasser 50 mm, so müsste sie in Luft 27 mm betragen. $\frac{1}{40}-\frac{1}{60}=\frac{20}{2400}=\frac{1}{120}$. Wäre die Fernpunktsdistanz desselben in Luft 40 mm, so würde sie in Wasser 120 mm ausmachen.

Vollends beim Frosch, wo r nach Plateau 10 mm max. betragen soll.

$\frac{1}{36}+\frac{1}{30}=\frac{1}{15}$. Wäre die Fernpunktdistanz des Froschauges in Wasser 36 mm, so würde sie in Luft 15 mm betragen.

$\frac{1}{35}-\frac{1}{30}=-\frac{1}{210}$. Wäre die Fernpunktdistanz derselben in Luft + 35 mm, so müsste sie unter Wasser — 210 mm betragen.

[2] Meine eigene Messung ergab für den Hecht:

$$\left.\begin{array}{ll}\text{Augenaxe} & s = 15\text{ mm}\\ \text{Sehaxe} & \sigma = 12\text{ mm}\end{array}\right\} s-\sigma=\tfrac{1}{5}s.$$

Frosch fehlt diese Fehlerquelle, dagegen ist durch die Kleinheit des Auges eine neue, ebenso beträchtliche, eingeführt.

Mit der ophthalmoskopischen Refractionsmessung des lebenden Auges, wo höchstens Fehler entsprechend der Netzhautdicke begangen werden, kann Plateau's Verfahren nicht verglichen werden.

Ich resumire: Hr. Plateau ist darum zu unrichtigen Resultaten gelangt, weil er, 16 Jahre nach Erfindung des Augenspiegels und 12 Jahre nach Construction des Ophthalmometers, von den physikalischen Untersuchungsmethoden des lebenden Auges, die uns Helmholtz schenkte, nicht die gebührende Notiz genommen hat.

Den Schluss dieser kleinen Studie mögen die Skizzen der Augengrundsbilder einiger Fische und des Frosches bilden.

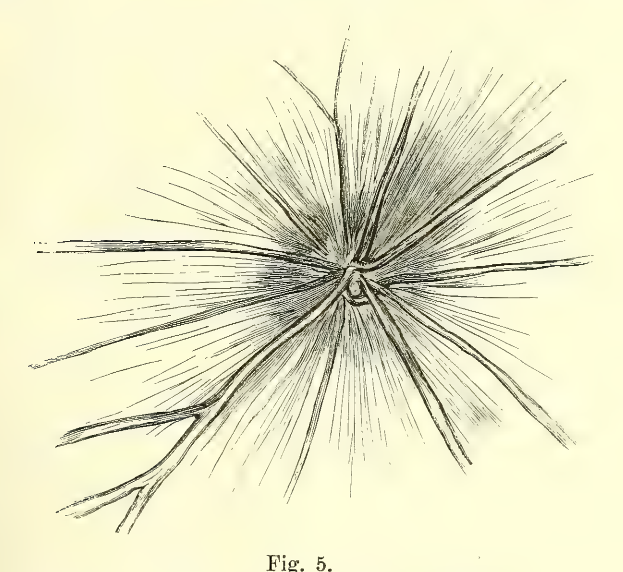


Fig. 5.

Plötze, aufrechtes Netzhautbild des rechten Auges.

Das Augengrundsbild einer kleinen Plötze ist auf Fig. 5 dargestellt. Der Sehnerveneintritt bildet eine im Ganzen rundliche, aber leicht zackig und nicht ganz scharf begrenzte und mit einem flügelförmigen Fortsatz nach innen oben zu versehene weissliche Figur, von der aus die radiär angeordneten, weisslichen Sehnervenfaserbündel in die umgebende Netzhaut hineinstrahlen.[1] Diese erscheint graugrünlich, in der Peripherie zart röthlich.

---

[1] Die Sehnervenfasern in der Netzhaut etlicher Fische besitzen eine zarte Markscheide.

Die Blutgefässe, welche aus dem Mittelpunkt des Sehnerveneintritts hervorkommen und die ganze Netzhaut, soweit dieselbe sichtbar, überziehen, sind im ganzen radiär angeordnet, dichotomisch verästelt, mit centralem Reflexstreif wie in der menschlichen Netzhaut versehen. Bei den Hauptästen kann man, wie es scheint, die arteriellen von den venösen unterscheiden, die ersteren sind etwas schmäler und heller roth als die letzteren.

Das Centrum der weissen Sehnervenscheibe, der Sammelpunkt der convergirenden Blutgefässe, ist dunkelgrauroth gefärbt.

Bei grösseren Plötzen sieht man deutlich, dass 1) das rundliche Centrum der weissen Sehnervenscheibe an sich dunkelgrau gefärbt und nur mit verhältnissmässig breiten und zahlreichen rothen Streifen, den Blutgefässen, belegt ist; und dass 2) einzelne von den auch in unserer Figur angedeuteten Blutgefässbögen in den Glaskörperraum hineinragen.

Das Augengrundsbild des Aales gestaltet sich nach Fig. 6. (Aufrechtes Netzhautbild des rechten Auges von einem kleinen Aal; nach dem umgekehrten, mit einer Linse von 2″ Brennweite gewonnenen vergrössert) folgendermaassen:

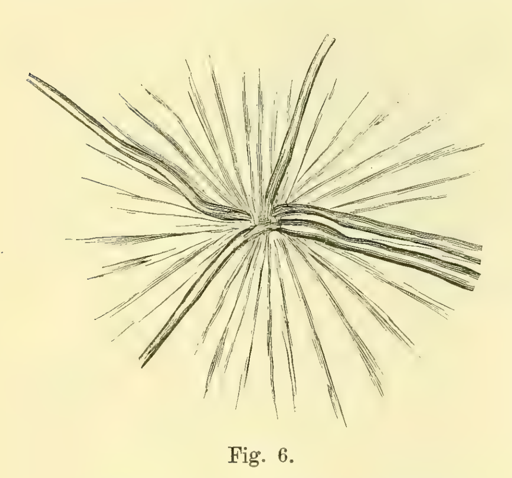


Fig. 6.

Aal. Rechtes Auge. Aufrechtes Netzhautbild.

Eine eigentliche Papille ist nicht vorhanden, sondern nur der Mittelpunkt der retinalen Sehnervenfaserausstrahlung nachweisbar.

Von diesem Mittelpunkt aus ziehen kräftig gezeichnete schmale, weissliche Sehnervenfaserbündel, radiär angeordnet, ziemlich weit hinein in die Netzhaut, im Ganzen etwa 2—3 Dutzend, so dass zwischen je zwei Bündeln ein Winkel von ungefähr 10° bleibt.

Der Convergenzpunkt der Sehnervenfaserbündel fällt zusammen mit dem Confluenzpunkt der retinalen Blutgefässe. Die letzteren ziehen etwa nach vier diagonalen Richtungen, zwei kiemenwärts, drei nach der entgegengesetzten Richtung. Wie es scheint sind drei venöse und zwei etwas feinere und heller rothe arterielle Aeste vorhanden, doch ist das Bild nicht deutlich genug, um dieses zu entscheiden. Die Blutgefässe sind roth, mit centralem Reflexstreif, wie auf der menschlichen Netzhaut.

Das Bild des linken Auges, namentlich auch die Vascularisation, war ebenso wie das des rechten: Zwei starke Gefässe ziehen dicht neben ein-

ander von innen unten her nach dem anatomischen Mittelpunkt der Netzhaut.

Das Augengrundsbild des Hechtes (vgl. Fig. 7) weicht von dem der bisher betrachteten Fische erheblich ab.

Blickt man nach aussen unten in das Hechtauge, so sieht man einen eigenthümlichen, sehr langen, weissen, fast wurmähnlichen, von aussen oben nach innen unten gerichteten Streifen, der sich deutlich in drei Abschnitte gliedert.

Der oberste Theil des, wie es scheint, cylindrisch hervorragenden Streifens beginnt mit einer knopfförmigen Anchwellung, ist parallelrandig und beiderseits mit einem schmalen Pigmentsaum versehen. Der mittlere Theil ist bauchig angeschwollen und trägt eine ähnlich gestaltete schwarze Pigmentinsel. Der unterste Theil ist dünn, fast fadenförmig und sein unteres Ende im Augenspiegelbilde nicht zu erreichen.

Nur von dem mittleren Theil scheinen die Sehnervenfasern auszustrahlen und zwar mehr nach innen als nach aussen. In der inneren Hälfte der Sehnervenfaserausstrahlung heben sich zwei kräftige Bündel besonders ab, welche ungefähr von dem oberen und von dem unteren Ende des bauchigen Theiles vom Papillarstreifen auszugehen scheinen.

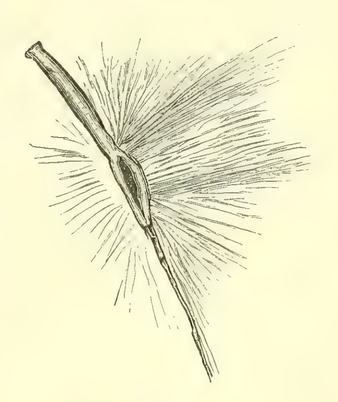


Fig. 7.
Aufrechtes Bild des rechten Auges vom Hecht.

Der ganze sichtbare Augengrund ist vollkommen gefässlos und röthlich, soweit nicht die Sehnervenfaserausstrahlung einen weisslichen oder weissgrünlichen Farbenton darüber legt. Bei anderen Exemplaren war temporalwärts überhaupt keine Sehnervenfaserung zu entdecken; am obersten Theil des Streifens fehlte der Pigmentsaum zu einer Seite, am mittleren Theil war die Pigmentinsel mehr nach der einen Seite verlagert.

Mit dieser Schilderung des Augenspiegelbefundes, die ich vor jeder eigenen anatomischen Untersuchung entworfen, wolle man die oben schon mitgetheilte Beschreibung von Sömmering vergleichen.

Das Augengrundsbild des Frosches ist genügend bekannt und auch von mir selber schon ausführlich geschildert. Für die Entwerfung der beifolgenden schematischen Zeichnung (Fig. 8) wurde ein Exemplar benutzt, bei dem die Art. hyaloides ziemlich nahe der Vena verlief. Die glitzernden Punkte des Augengrundes wurden fortgelassen. Das Capillarnetz ist nur theilweise wiedergegeben.

p Papille.
v Venen.
V Vena hyaloides (Hauptstamm).
a Arteria hyaloides.
C_1 Capillarnetz, in welches die Arterie sich auflöst.
C_2 Capillarnetz, welches die Vene zusammensetzt.
C_3 Capillarnetz, welches in gröbere Venenäste hineinmündet.
Die Pfeile bedeuten die Stromesrichtung.

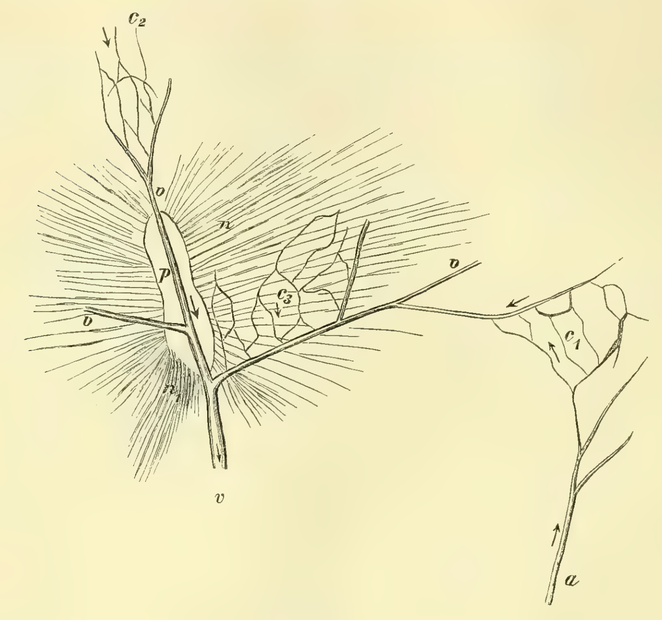


Fig. 8.
Aufrechtes Bild des rechten Auges vom Frosch.

Anhang. Elementare Dioptrik der Kugellinsen.[1]

O sei ein beliebiger Axenpunkt, von welchem ein beliebiger Strahl OJ auf die kugelige Trennungsfläche $B_1 B_2$ (etwa zwischen dem Medium

[1] Seitdem man nicht mehr geschmolzene Kügelchen zu einfachen Mikroskopen verwendet, ist dieses Capitel scheinbar ohne praktischen Werth und deshalb in den neuen Lehrbüchern stiefmütterlich behandelt. Die Dioptrik von Mathiessen (Leipzig 1877. S. 118) hat 5, die von Ferraris-Lippich (Leipzig 1879. S. 90) 7 Zeilen über diesen Gegenstand. Der alte Klügel (Leipzig 1778) ist ausführlich, aber nicht ganz bequem für unsere Zwecke.

I = Luft und dem Medium II = Glas) fällt. Der Radius MJK ist das Einfallsloth, $\angle OJK = \angle J$ ist der Einfallswinkel, $\angle MJP = \varrho$ der Brechungswinkel. Wenn alle Strahlen nahezu senkrecht auf $B_1 B_2$ ein-

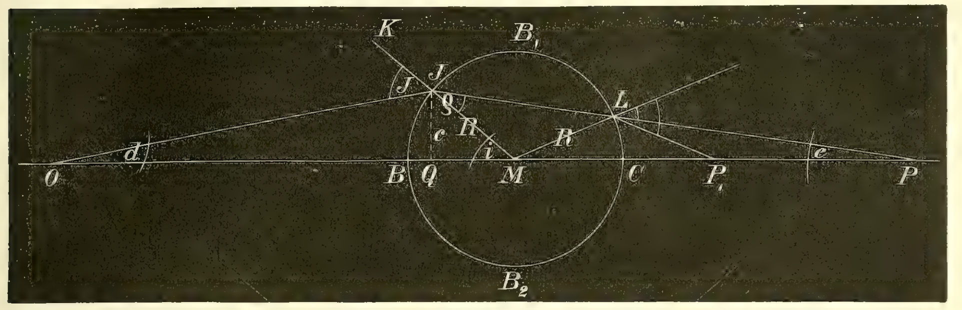


Fig. 9.

fallen, d. h. alle Einfallswinkel so klein sind, dass sie gleich ihren Sinus oder Tangenten gesetzt werden können (d. h. Q_1 der Fusspunkt des Lothes $JQ = c$, sehr nahe an B fällt), so ist das Brechungsgesetz

1) $n_1 J = n_2 \varrho$ oder $J = \frac{n_2}{n_1} \varrho$; 1^a) $\varrho = \frac{n_1}{n_2} J$. Ferner ist immer

2) $J = d + i$

3) $i = \varrho + e$ oder 3^a) $\varrho = i - e$.

Wird in 1^a für ϱ der Werth von 3^a, und für J von 2 eingesetzt, so folgt

$$i - e = \frac{n_1}{n_2}(d + i) \text{ oder } \frac{n_2}{n_1}(i - e) = d + i$$

$$\text{oder } n_2 \left(\frac{c}{R_1} \cdot - \frac{c}{f_2}\right) = n_1 \frac{c}{R_1} + n_1 \frac{c}{f_1},$$

wenn $OB = OQ = f_1$ und $BP = QP = f_2$ gesetzt wird. R_1 ist der Krümmungsradius der ersten Kugelfläche; c hebt sich fort: es bleibt

$$\frac{n_2}{R_1} - \frac{n_1}{R_1} = \frac{n_2}{f_2} + \frac{n_1}{f_1} \quad \text{oder}$$

$$\text{I.} \quad \frac{n_2 - n_1}{R_1} = \frac{n_1}{f_1} + \frac{n_2}{f_2}.$$

Diese Gleichung bestimmt eindeutig den Vereinigungspunct des schmalen, von O divergirenden Strahlenbündels. Ist das System (R_1, n_1, n_2) bekannt und die Objectferne f_1 gegeben, so wird aus Gleichung I die Bildferne f_2 gefunden. Ist speciell $f_1 = \infty$, so wird der dazu gehörige Werth von f_2, den wir F_2 nennen wollen, gegeben durch

$$\frac{n_2 - n_1}{R_1} = \frac{n_2}{F_2} \quad \text{oder II.} \quad F_2 = \frac{n_2 R_1}{n_2 - n_1}.$$

Ist $f_2 = \infty$, so ist der dazu gehörige Werth von f_1, den wir F_1 nennen wollen,

$$\text{III.} \quad F_1 = \frac{n_1 R_1}{n_2 - n_1}.$$

F_1 und F_2 sind die Hauptbrennweiten des einfachen Systems.

Folgt auf der nämlichen Axe bald hinter $B_1 B B_2$ noch eine zweite Kugelfläche $B_1 C B_2$ zwischen Medium II und III (III kann wieder Luft sein), so können wir die Formel I sofort auf die Brechung an dieser zweiten Fläche anwenden. Wir haben aber zu berücksichtigen, dass die Concavität dieser Kugelfläche dem einfallenden Strahl zugewendet ist und deshalb der Radius R_2 derselben negativ zu nehmen und statt n_2 immer n_1 und statt n_1 immer n_2 zu setzen ist. Denn das erste Medium für die zweite Brechung setzen wir identisch dem zweiten Medium für die erste Brechung. Das dritte Medium sei identisch mit dem ersten. Es sei P_1 der definitive Bildpunkt und seine Entfernung von der zweiten Kugelfläche $P_1 C = \varphi_2$. Die Entfernung des Objectpunktes für die zweite Brechung (P) von der zweiten Kugelfläche ist $PC = -\varphi_1$, negativ zu setzen, weil der Objectpunkt im Gange der Lichtstrahlen hinter der brechenden Fläche ($B_1 C B_2$) belegen ist.

Dann gilt also laut Gl. I:

$$1) \quad \frac{1}{\varphi_2} = \frac{1}{n_1}\left\{\frac{n_1 - n_2}{-R_2} - \frac{n_2}{-\varphi_1}\right\} \text{ oder } \frac{1}{\varphi_2} = \frac{1}{n_1}\left\{\frac{(n_2 - n_1)}{R_2} + \frac{n_2}{\varphi_1}\right\}$$

Nun ist 2) $BP - BC = CP$

oder $f_2 - [R_1 + R_2] = \varphi_1$. Uebrigens ist nach der Voraussetzung einer Kugellinse $R_1 = R_2$ in absolutem Maasse; also

$$3) \quad \frac{1}{\varphi_2} = \frac{1}{n_1}\left[\frac{n_2 - n_1}{R} + \frac{n_2}{f_2 - 2R}\right]$$

Wir suchen zunächst nur den Vereinigungspunkt parallel auf die erste Kugelfläche fallender Strahlenbündel, d. h. wir setzen $f_1 = \infty_1$, dann wird speciell $f_2 = \frac{n_2 R}{n_2 - n_1}$: also

$$4) \quad \frac{1}{\varphi_2} = \frac{1}{n_1}\left[\frac{n_2 - n_1}{R} + \frac{n_2}{\frac{n_2 R}{n_2 - n_1} - 2R}\right]$$

$$\frac{1}{\varphi_2} = \frac{1}{n_1}\left[\frac{(n_2 - n_1)}{R} + \frac{n_2 (n_2 - n_1)}{n_2 R - 2R(n_2 - n_1)}\right]$$

$$\frac{1}{\varphi_2} = \left(\frac{n_2 - n_1}{n_1}\right)\left[\frac{n_2 R - 2R(n_2 - n_1) + n_2 R}{R(n_2 R - 2R[n_2 - n_1])}\right]$$

$$\frac{1}{\varphi_2} = \frac{n_2 - n_1}{n_1} \left[\frac{2n_2 - 2(n_2 - n_1)}{n_2 R - 2R(n_2 - n_1)}\right]$$

$$\frac{1}{\varphi_2} = \frac{2(n_2 - n_1)}{n_1 R} \left[\frac{n_2 - n_2 + n_1}{n_2 - 2n_2 + 2n_1}\right]$$

$$\frac{1}{\varphi_2} = \frac{2(n_2 - n_1)}{n_1 R} \times \frac{n_1}{(2n_1 - n_2)}$$

$$\text{II.} \quad \varphi_2 = \frac{(2n_1 - n_2)R}{2(n_2 - n_1)}.$$

φ_2 giebt den Abstand des hinteren Brennpunktes der Kugellinse von der Hinterfläche derselben. Es ist klar, dass der optische Mittelpunkt der Kugellinse (der Knotenpunkt) mit dem geometrischen zusammenfällt. Denn ein durch letzteren zielender Strahl fällt lothrecht auf beide Kugelflächen und wird nicht abgelenkt.

Beispiel 1) Eine Glaskugel sei in Luft getaucht: $n_1 = 1$, $n_2 = \frac{3}{2}$.

$$\varphi_2 = \frac{2 - \frac{3}{2}}{2(\frac{3}{2} - 1)} R = \frac{\frac{1}{2}R}{2 \times \frac{1}{2}} = \frac{1}{2}R.$$

Der Vereinigungspunkt des parallel der Hauptaxe auf die gläserne, in Luft befindliche Kugellinse fallenden Strahlenbündels liegt um die Hälfte des Radius hinter dem hinteren Pol der Kugel.

2) Eine Wasserkugel sei in Luft getaucht: $n_1 = 1$, $n_2 = \frac{4}{3}$.

$$\varphi_2 = \frac{(2 - \frac{4}{3})R}{2(\frac{4}{3} - 1)} = \frac{\frac{2}{3}R}{\frac{2}{3}} = R.$$

Der Vereinigungspunkt liegt um die Länge des Radius hinter dem hinteren Pol der Kugel.

3) Eine Glaskugel sei in Wasser getaucht: $n_1 = \frac{4}{3}$; $n_2 = \frac{3}{2}$

$$\varphi_2 = \frac{(2 \cdot \frac{4}{3} - \frac{3}{2})R.}{2(\frac{3}{2} - \frac{4}{3})} = \frac{(\frac{8}{3} - \frac{3}{2})R}{\frac{2}{6}} = \frac{\frac{16}{6} - \frac{9}{6}}{\frac{2}{6}} R$$

$$= \left(\frac{16 - 9}{2}\right) R = \frac{7}{2}R = 3\tfrac{1}{2}R.$$

Nennen wir die Brennweite der Kugellinse (Abstand des Brenn- vom Knotenpunkt) Φ_1; so ist dieselbe für die drei Beispiele:

1) $\Phi_1 = R + \frac{R}{2} = 1\frac{1}{2}R$

2) $\Phi_2 = R + R = 2R$

3) $\Phi_3 = R + 3\frac{1}{2}R = 4\frac{1}{2}R$: also in letzterem Fall dreimal so gross als im ersteren.

Man könnte geneigt sein, den letzteren Fall auf die Krystalllinse des lebenden in Wasser getauchten Fisches anzuwenden: dann wären die Fisch-

augen stark übersichtig in Wasser. Denn der Abstand der Netzhaut von der hinteren Linsenfläche ist beträchtlich kleiner als $3^1/_2$ *R*.

Matthiessen (*Dioptrik* S. 218) fand beim Seebarsch den Brechungsindex:

der Rinde . . . 1·43
der Mittel-Schicht . 1·49
des Kernes . . . 1·51

und berechnet daraus den totalen Brechungsindex $n = 1\cdot 7$ und die Brennweite = 5·5. Der Durchmesser der Linse war 5.0; Krümmungsradius der Hornhaut 6·6; Ort der vorderen Linsenfläche 0·5; Ort der Retina 8·5. Also läge die Retina 3 mm hinter der Hinterfläche der Linse und der Vereinigungspunkt eines parallel einfallenden Strahlenbündelss nahezu in der Retina.

Setzen wir

$$n_2 = 1\cdot 7 \qquad n_1 = 1\cdot 3$$

so folgt $\varphi_2 = \frac{(2 \times 1\cdot 3 - 1\cdot 7)}{2(1\cdot 7 - 1\cdot 3)} 2\cdot 5 \quad = \frac{(2\cdot 6 - 1\cdot 7)}{0\cdot 8} \times 2\cdot 5 = \frac{0\cdot 9}{0\cdot 8} \times 2\cdot 5$

d. h. fast in der Retina. Danach wäre auch

$$\Phi = 2\cdot 5 + 2\cdot 75 = 5\cdot 25$$

was genügend mit Matthiessen's Integralrechnung übereinstimmt.

Der totale Brechungsindex der Fischlinsen ist grösser als der des Glases.

Natürlich gilt auch für Kugellinsen:

$$\frac{\beta_1}{-\beta_2} = \frac{\varphi_1}{F_1} = \frac{F_2}{\varphi_2}.$$

Ueber das Verhalten des mit Muscarin vergifteten Herzens gegen seine Nerven.

Von

Dr. E. Weinzweig
aus Kiew.

Aus dem Laboratorium von Prof. v. Basch in Wien.

(Hierzu Tafel XVII u. XVIII a.)

Die vorliegende Untersuchung wurde zu dem Zwecke vorgenommen, die Einwirkung des Muscarins auf das Säugethierherz in etwas eingehender Weise zu prüfen. Zunächst war es das Verhältniss der Herznerven, das uns hier der näheren Untersuchung bedürftig erschien. Ueberblickt man nämlich das bisher vorliegende Untersuchungsmaterial, so findet man sehr wenig Angaben über das Verhalten des muscarinisirten Herzens gegen seine Nerven. In der Monographie über Muscarin von Schmiedeberg und Koppe[1] ist erwähnt, dass die Durchschneidung beider Vagi am Halse an der Wirkung des Muscarins auf das Herz gar nichts ändert. Im Widerspruch hiermit bemerkt Bogoslowsky,[2] dass die Durchschneidung der Vagi die Wirkung des Giftes erheblich beschleunigt. Nach Prévost[3] ist die Verzögerung des Pulses nach Muscarin unabhängig von N. vagus: sie wird durch Durchschneiden derselben nicht verhindert. Alison[4] spricht die Meinung aus, dass „suivant toute probabilité“ der Herz-

[1] Schmiedeberg und Koppe. *Das Muscarin u. s. w.* Leipzig 1869.

[2] Bogoslowsky, Ueber die Wirkung des gereinigten Alkoholextractes des Fliegenpilzes. *Centralblatt für medicinische Wissenschaften.* 1870.

[3] Prévost, Antagonisme physiologique. *Archives de Physiologie etc.* 1877.

[4] Alison, Action physiologique d'Amanita muscaria etc. *Compt. rend.* 82. 12.

stillstand auf eine Ueberreizung der Vagusenden im Herzen und einer Verminderung der Thätigkeit der sympathischen Fasern beruhe; letztere sollen während des Herzstillstandes nicht gelähmt sein. Luciani[1] denkt sich die Wirkung des Muscarins nicht unter der Form einer Beeinflussung besonderer Hemmungs- oder Beschleunigungsapparate, sondern lässt die Veränderungen in einem automatischen Nervenapparate des Herzens vor sich gehen. Gaskell[2] bezieht den Herzstillstand auf eine Lähmung des Herzmuskels. Petri[3] macht directe Angaben über die Wirkungsweise des N. vagus bei Muscarinvergiftung; er theilt mit, dass die Vagusreizung auf das muscarinisirte Froschherz nicht wirke. Ueber die Wirkungsweise der beschleunigenden Herznerven liegen gar keine Erfahrungen vor.

Ehe wir das Verhalten der Herznerven am muscarinisirten Thiere prüften, schien es uns geboten, einige Erfahrungen über die Wirkungsweise des Muscarins am Säugethierherzen zu sammeln.

I.

Das Präparat — schwefelsaures Muscarin — dessen wir uns bei unseren Versuchen bedienten, entstammt einer Lösung desselben in absolutem Alkohol, aus der durch Verdunsten über Schwefelsäure das schwefelsaure Alkaloid erhalten wurde; hieraus wurden dann die wässerigen Lösungen bereitet. Die alkoholische Lösung ist vom Professor v. Basch[4] aus getrockneten Fliegenpilzen genau nach den Angaben Schmiedeberg's im Laboratorium des Professors E. Ludwig dargestellt worden. Wir wendeten in der Regel eine $^1/_4\,^0/_0$ bis $^1/_2\,^0/_0$ wässerige Lösung an, von der wir eine 0·5—2 Ccm auf einmal injicirten.

Die Versuche wurden sämmtlich an schwach curarisirten Hunden angestellt, bei denen in ganz regelmässiger Weise durch einen von einer kleinen Dampfmaschine getriebenen Blasebalg die künstliche Respiration unterhalten wurde. Die Pulse wurden entweder durch ein Ludwig'sches Quecksilber-Manometer oder durch eine Fick'sche Feder in üblicher Weise auf der fortlaufenden Papierrolle eines Ludwig'schen Kymographions registrirt. Um den störenden Einfluss der Gerinnung möglichst hintanzuhalten, wurde zwischen der in der Carotis befestigten Canüle und dem zum

---

[1] Luciani, *Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig.* Jahrg. VII.

[2] Gaskell, *Journal of Physiology.* Vol. III.

[3] Petri, *Beitrag zur Lehre von den Hemmungsapparaten des Herzens.* Bern 1880.

[4] Hr. Prof. v. Basch theilt mir in Bezug hierauf mit, dass er die Ausfällung mit Kalium-Quecksilberjodid vornahm, also ein Verfahren anwandte, bei dem man nach Schmiedeberg das Alkaloid sehr rein erhält.

pulsregistrirenden Apparate führenden Rohr eine mit kohlensaurem Natron gefüllte Glaskugel eingeschaltet.

Wir lassen nun hier die Protokolle einiger Versuche folgen, in denen ausser Muskarinvergiftung keine weiteren Eingriffe vorgenommen wurden.

Mittelgrosser Hund, ungefähr zwei Monate alt. Curarisirt. $^1/_2{}^0/_0$ Muscarinlösung.

Zeit.	Herzschlag in 10 Sec.	Bemerkungen.	Zeit.	Herzschlag in 10 Sec.	Bemerkungen.
3h 50m —s	20	Injection 2·5 Ccm Musc.	3h 57m —s	12	Arhythmie.
— 50 „ 10 „	—	Stillstand in Diastole dauerte 27 Sec.	— 59 „ — „	15	
			4h 5 „ — „	18	
— 50 „ 40 „	1		— 5 „ 20 „	19	
— 50 „ 50 „	3		— 5 „ 30 „	20	Injection 2·5 Ccm Musc.
— 51 „ — „	4		— 5 „ 40 „	—	Stillstand in Diastole dauerte 10 Sec.
— 51 „ 10 „	4				
— 51 „ 20 „	5		— 5 „ 50 „	1	
— 51 „ 30 „	6		— 6 „ — „	3	
— 54 „ — „	8		— 10 „ — „	4	
— 54 „ 20 „	9	Arhythmie.	— 12 „ — „	5	
— 56 „ — „	11	Arhythmie.	— 16 „ — „	5	

Kleiner Hund, ungefähr zwei Wochen alt. Curarisirt. $^1/_2{}^0/_0$ Muscarinlösung.

Zeit.	Herzschlag in 10 Sec.	Bemerkungen.	Zeit.	Herzschlag in 10 Sec.	Bemerkungen.
10h 10m —s	30	Injection 2 Ccm Musc.	10h 12m 20s	11	Arhythmie.
— 10 „ 10 „	—	Stillst. dauerte 20 Sec.	— 13 „ — „	12	Arhythmie.
— 10 „ 30 „	1		— 13 „ 20 „	12	Arhythmie.
— 10 „ 40 „	2		— 13 „ 30 „	12	Arhythmie.
— 10 „ 50 „	3		— 14 „ — „	20	Arhythmie.
— 11 „ — „	4		— 15 „ 20 „	20	Arhythmie.
— 11 „ 20 „	6·5		— 15 „ 40 „	30	
— 11 „ 40 „	8		— 16 „ — „	30	
— 12 „ — „	8·5				

Kleiner Hund. Alter unbestimmt. Curarisirt. $^1/_4$ procentige Muscarinlösung.

Zeit.	Herzschlag in 10 Sec.	Bemerkungen.	Zeit.	Herzschlag in 10 Sec.	Bemerkungen.
4h 10m —s	18	Injection 1 Ccm Musc.	4h —m 30s	0	Stillstand in Diastole dauerte 32 Sec.
— —„ 10„	7		— 30„ —„	2·5	
— —„ 20„	6		— 32„ —„	3·5	
— —„ 40„	6		— 33„ —„	5	
— 11„ —„	8	Arhythmie.	— —„ 20„	8·5	Arhythmie.
— —„ 20„	12	Injection 1 Ccm Musc.	— 35„ —„	11·5	
— —„ 40„	0	Stillstand in Diastole dauerte 22 Sec.	— 37„ —„	11·5	Injection 1 Ccm Musc.
— 12„ —„	4		— —„ 10„	10	
— 14„ —„	4·5		— —„ 30„	0	Stillstand in Diastole dauerte 24 Sec.
— 16„ —„	10		— 38„ —„	2·5	
— —„ 20„	12	Arhythmie.	— 39„ —„	3	
— 18„ —„	14		— 42„ —„	5	
— 20„ —„	16		— —„ 40„	7·5	Arhythmie.
— 22„ —„	18	Injection 1 Ccm Musc.	— 44„ —„	10·5	Injection 1 Ccm Musc.
— —„ 20„	8		— —„ 40„	0	Stillst. dauerte 20 Sec.
— —„ 40„	0	Stillstand in Diastole dauerte 20 Sec.	— 45„ —„	2·5	
— 23„ —„	2·5		— 48„ —„	3	
— 24„ —„	3·5		— 52„ —„	4·5	
— 26„ —„	10	Arhythmie.	5h —„ —„	5	
— 29„ —„	13·5	Injection 1 Ccm Musc.	— 3„ —„	7	Arhythmie.
— —„ 20„	3		— 7„ —„	10	

Mittelgrosser Hund. Alter unbestimmt. Curarisirt. $^1/_2$ procentige Muscarinlösung.

Zeit.	Herzschlag in 10 Sec.	Bemerkungen.	Zeit.	Herzschlag in 10 Sec.	Bemerkungen.
10h 38m —s	17·5	Injection 2·5 Ccm Musc.	10h 55m —s	16	Injection 1 Ccm Musc.
— —„ 20„	0	Stillst. dauerte 26 Sec.	— —„ 20„	0	Stillst. dauerte 24 Sec.
— 39„ —„	2·5		— 56„ —„	2	
— 41„ —„	5·5	Injection 3 Ccm. Curav. $^1/_2$ proc. Lösung.	— 58„ —„	4	
— —„ 10„	5·5		11h —„ —„	6	
— 42„ —„	5·5		— 1„ —„	7·5	
— 46„ —„	9	Arhythmie.	— 2„ —„	8·5	
— 48„ —„	12	Arhythmie.	— 5„ —„	10	Arhythmie.

Zeit.	Herzschlag in 10 Sec.	Bemerkungen.	Zeit.	Herzschlag in 10 Sec.	Bemerkungen.
11h 15m —s	16	Injection 1 Ccm Musc.	11h 30m —s	5·5	
— —„ 20„	0	Stillst. dauerte 32 Sec.	— 32„ —„	9	
— 16„ —„	1·5		— 33„ —„	10	Injection 1 Ccm Musc.
— 17„ —„	3		— —„ 20„	0	Stillst. dauerte 22 Sec.
— 18„ —„	3·5		— 34„ —„	3	Arhythmie.
— 20„ —„	3·5		— 45„ —„	3	
— 22„ —„	4		— 50„ —„	3·5	Arhythmie.
— 24„ —„	5	Arhythmie.	— 58„ —„	5	Arhythmie.

Nach diesen Versuchen hat man folgende Stadien der Muscarinwirkung zu unterscheiden:

1) Stadium des Herzstillstandes. 2) Stadium der Pulsverlangsamung. 3) Stadium der Arhythmie. 4) Stadium der Wiederkehr.

Das Stadium des Stillstandes fehlte nur in wenigen Versuchen; in diesen kam es nur zu einer Pulsverlangsamung.

Das Stadium der Pulsverlangsamung ist ein constantes, nur muss bemerkt werden, dass die Dauer desselben in einigen wenigen Fällen eine geringe war.

Nach diesem Stadium stellt sich, wie unsere Versuche ergeben, regelmässig die Arhythmie ein. Dieses Stadium schliesst in der Regel damit, dass die Pulsfrequenz zunimmt und dass allmählich ein Zustand eintritt, in dem das Herz die frühere Frequenz ganz oder zum Theile wiedergewinnt. Letzteres Stadium bezeichnen wir als das der Wiederkehr.

Im Allgemeinen dauerten die ersten beiden Stadien zusammengenommen um so länger, je grösser die Muscarindosis war. Doch ist die Dauer des Stillstandes allein unabhängig von der Dosis.

Wenn nach der 1. Injection das 4. Stadium eintrat, wurde dem Thiere eine neue Dosis Muscarin injicirt und dieses Verfahren einigemal wiederholt. Die nach solchen wiederholten Intoxicationen eingetretenen Erscheinungen gestalteten sich folgendermaassen: Die Dauer des 2. Stadiums vergrösserte sich immer mehr und mehr und es wurden demgemäss die beiden letzten Stadien immer mehr hinausgerückt. Der Verlängerung des Stadiums der Verlangsamung entsprach nicht immer eine Verlängerung des Herzstillstandes. Wir haben im Gegentheil häufig eine Verkürzung desselben beobachtet.

Ganz junge Thiere zeigten bei wiederholten Muscarininjectionen ein von dem eben beschriebenen abweichendes Verhalten. Es kam nämlich vor, dass einige aufeinander folgende Dosen von Muscarin an dem Herzen, das vorher auffallende Muscarinreaction zeigte, spurlos vorübergingen und

dass erst nach weiterer Wiederholung der Intoxication die bekannte Wirkung zum Vorschein kam.

Eine der Verlangsamung resp. dem Herzstillstande vorhergehende Beschleunigung haben wir bei unseren Muscarindosen nicht beobachtet.

II.

Hinlänglich vertraut mit der Wirkungsweise des Muscarins auf das Säugethierherz, nahmen wir nun Versuche vor, bei denen während der verschiedenen Stadien der Reizerfolg der Herznerven geprüft wurde. Die Präparation der Nn. accelerantes haben wir, den Regeln Schmiedeberg's folgend, am Halse vorgenommen, mit dem Unterschiede nur, dass wir behufs grösserer Freilegung des Operationsfeldes die Sternalinsertion der beiden Sternocleidomastoidei und Sterno-hyodei lostrennten. In der Regel präparirten wir die Nerven beiderseits. Nach der Präparation wurden sie in Ludwig-Basch'sche Reizträger eingebettet. Das centrale, gegen das Ganglion stellatum gerichtete Nervenende wurde mittelst eines Seidenfadens durchgequetscht. Die Nn. vagi wurden entweder vor der Muscarininjection oder im Stadium der Verlangsamung durchschnitten.

Im Stadium der Verlangsamung hatten selbst starke Reizungen der Vagi nicht den geringsten Einfluss auf die Frequenz der Herzschläge. Die Reizung der Vagi fing aber wieder an zu wirken, sobald die zwei letzteren Stadien erschienen. Unfehlbar wirkte die Reizung der Vagi im letzten Stadium, manchmal auch schon im Stadium der Arhythmie, ja es kam vor, dass schon zu Ende des Stadiums der Verlangsamung Vagusreizung wirksam wurde.

Die Wirkungsweise des Vagus im Stadium der Wiederkehr war die gewöhnliche. Es trat Herzstillstand oder Verlangsamung des Herzschlages ein. (Taf. XVII, Figg. 10, 12.)[1]

Bei grösserer Intoxication treten manchmal nach Vagusreizung wesentlich andere Effecte ein: a. Der diastolische Stillstand, welcher Vagusreizung erzeugt, ist kein vollkommener, sondern unterbrochen von kleinen Pulsen (s. Taf. XVII, Figg. 8, 9). b. Die Frequenz bleibt fast unberührt und nur die Pulse werden verkleinert. Hierbei kommt es vor, dass der aufsteigende Theil der kleinen Pulscurven, die nach Vagusreizung auftreten, wie gewöhnlich von dem tiefsten Theil des absteigenden Astes der vorhergehenden Pulscurve beginnt. Wir sahen aber auch manchmal, dass sich

---

[1] In den Abbildungen ist die Dauer des Reizes durch die über der Horizontalen sich erhebende Linie bezeichnet. Zudem bedeutet *A* Reizung des Accelerans, *V* die des Vagus. Die Intervalle zwischen den Zeitmarken betragen zwei Secunden. Alle Curven sind von rechts nach links zu lesen.

der aufsteigende Ast des kleinen Pulses noch früher entwickelt, also von der Mitte der Höhe des diastolischen Astes der vorhergehenden Pulscurve seinen Ausgang nimmt, das will heissen: die Vagusreizung lässt das Herz nicht vollständig zur Diastole kommen, und löst bei halb erschlafftem Zustande desselben unvollkommene Contractionen aus (s. Taf. XVII, Figg. 1—7).

Bemerkt muss werden, dass diese Erscheinungen mit Einbrechen des Vagusreizes eintreten und mit Aufhören desselben verschwinden.

Die Durchschneidung der Vagi, gleichgültig ob dieselbe vor oder während der Muscarinwirkung vorgenommen wurde, änderte, beiläufig bemerkt, nichts an dem Ablaufe derselben.

Dem Accelerans gegenüber verhält sich das muscarinisirte Herz während der verschiedenen Intoxicationsstadien anders als gegen den Vagus. Ueber den Effect seiner Reizung während des Stillstandes lässt sich nichts Bestimmtes sagen; wir haben wohl einigemal während des Stillstandes gereizt und bald darauf Pulse auftreten gesehen, mit denen das Stadium der Verlangsamung begann. Da unsere Vorversuche uns aber gelehrt haben, dass der Stillstand nicht gleich lang dauere, so konnten wir nicht die Ueberzeugung gewinnen, dass Acceleransreizung in der That im Stande sei, den Stillstand zu unterbrechen. Nur einmal konnten wir an einem blossliegenden muscarinisirten Herzen mit Sicherheit Unterbrechungen des Stillstandes durch Acceleransreizung constatiren. Hier zeigte das Herz sehr lange dauernde Stillstände, die regelmässig in Folge von Acceleransreizung durch einzelne Herzcontractionen unterbrochen wurden und regelmässig nach Aufhören der Reize wiederkehrten.

In dem Stadium der Verlangsamung und zu einer Zeit, wo die vorgenommene Vagusreizung sich wirkungslos erwies, war die Reizung des Accelerans von ausgeprägtem Erfolge begleitet.

Die Versuche von Schmiedeberg, namentlich die von Baxt, sowie die von Stricker und Wagner haben gelehrt, dass es längere Zeit bedarf, bis nach Reizung des Accelerans sich eine Beschleunigung der Pulsfrequenz einstellt und dass man deshalb den Accelerans viel länger reizen müsse, als den Vagus, um noch während der Reizung einen Erfolg zu bekommen. Ganz dasselbe haben wir auch in unseren Versuchen erfahren. Immer muss man längere Zeit und auch mit stärkeren Strömen reizen, um deutliche Wirkungen zu Gesichte zu bekommen.

Wir müssen hier bemerken, dass wir bei der vergleichenden Prüfung den Vagus immer mit gleich starken Strömen wie den Accelerans gezeigt haben.

Die Wirkungsweise des Accelerans besteht in manchen Fällen nur in einer Beschleunigung (s. Taf. XVII, Figg. 11, 12, 14), manchmal aber auch

in einer gleichzeitigen Vergrösserung der Pulse (s. Taf. XVII, Figg. 13, 15, 16, Taf. XVIII, Fig. 1). So wie am normalen Herzen, ist auch hier die Wirkung oft eine vorübergehende (s. Taf. XVII, Figg. 13—16; Taf. XVIII, Fig. 7). Wir haben aber auch häufig beobachtet, dass die durch die Reizung der Accelerantes hervorgerufene grössere Frequenz eine dauerhafte war, so zwar dass sich diesem durch Acceleranzreizung hervorgerufenem Zustande, nachdem er eine Weile bestand, das Stadium der Arhythmie und diesem das der Wiederkehr direct anschloss (s. T. XVII, Figg. 11, 12).

Wenn die Reizung des Accelerantes im Stande gewesen war, die Frequenz in ergiebiger Weise zu steigern und man nun in diesem durch Acceleransreizung hervorgerufenen Zustande des Herzens den Vagus neuerlich auf seine Wirkungsfähigkeit prüfte, so zeigt sich, dass dieselbe vollständig zurückgekehrt war.

Im 3. und 4. Stadium ist Reizung der Accelerantes ebenfalls wirksam und ruft hier ausnahmslos dieselben Erscheinungen wie am normalen Herzen hervor.

In der nachfolgenden Tabelle sind die in unseren Versuchen vorgenommenen Acceleransreizungen tabellarisch dargestellt.

Tabelle der Pulsfrequenz vor und nach Acceleransreizung während des Stadiums der Verlangsamung.

Versuchsreihe.	Stärke der Reizung.	Pulsfrequenz in 10 Secunden.			Beschleunigung in Procenten.
		Vor der Reizung.	Während oder bald nach der Reizung.	2 Minuten nach der Reizung.	
XI	R.A. 8.5	4	8	10	100
XII	10	2	2·5	2	25
XII	9	3	3.5	3	16·66
XIII	9	0.5	1·5	1	200
XIV	10	9·5	10·5	9·5	10·5
XIV	7	4	8	8·5	100
XVI	7	2·5	3	2·5	20
XVI	6	3	4	3	33.3
XVI	6	2	3	2	50
XVII	10	2	3·5	2	75
XVII	6	1.5	2	1·5	33.3
XVIII	8	4	7·5	9	87·5
XVIII	6	4	5·5	5	37.5
XIX	7	3.5	4	3·5	14·5
XX	8	1·5	2·25	2	50
XXI	8	1.5	2·25	1·5	50
XXII	6	1·5	3	1·5	100
XXVIII	8	3·5	7	10	100
XXVIII	5	4	6	4	50

In der eben beschriebenen Weise wirkt der Accelerans nur bei schwachen oder höchstens mittelgrossen Intoxicationen.

Nach stärkeren Vergiftungen erwies sich wenigstens für die Frequenz die Acceleransreizung wirkungslos. Doch haben wir bei solch stark vergifteten Herzen durch Acceleransreizung andere eigenthümliche Modificationen der Herzcontraction beobachtet. Wir unterlassen es, dieselben zu beschreiben und verweisen nur auf die Abbildungen Taf. XVIII, Figg. 2, 3, 4, 5, 6. In den Figg. 2 und 4 ist ein treppenförmiges Ansteigen, in den den Figg. 5 und 6 sind die sehr lang dauernden halbsystolischen und systolischen Stillstände, in den Figg. 2, 4 und 5 sind ferner die langen mit *a* bezeichneten Systolen bemerkenswerth. Fig. 3 kann gewissermaassen als Gegenstück zu der durch Figg. 8 und 9 auf Taf. XVII illustrirten Vaguswirkung gelten. Es hat wenigstens hier den Anschein, als ob die Reihe von kleinen ansteigenden Pulsen je einer Systole angehörte.

Die eben berührte, auf die Form der Herzcontraction sich erstreckende Wirkung des Accelerans, tritt nicht, wie beim Vagus, sofort mit der Reizung auf, und verschwindet auch nicht nach Aufhören derselben. Es entwickelt sich vielmehr auch diese Wirkung erst nach längerer Reizdauer und überdauert auch die Reizung mehr weniger lange Zeit. Die in Taf. XVII, Figg. 5 und 6 beispielsweise registrirten Zustände von langdauernder gleichförmiger Contraction haben wir immer als Nachwirkung der Acceleransreizung auftreten gesehen. Einmal haben wir einen derartigen Zustand als Nachwirkung einer Acceleransreizung bei eröffnetem Thorax auch am blossliegenden Herzen beobachtet.

Aber nicht nur durch die grosse Reizlatenz und die Dauer der Nachwirkung auch in anderer Hinsicht unterscheidet sich die rein musculäre Acceleranswirkung wesentlich von der correspondirenden des Vagus. Die durch den Vagus hervorgerufenen Vorgänge spielen sich nämlich, wie man aus den erwähnten Abbildungen ersieht, in der Diastole ab, die Acceleransreizung beeinflusst nur den Ablauf der Systole.

III.

Als Schmiedeberg und Koppe und später Schmiedeberg allein eine Theorie der Muscarinwirkung aufstellten, waren es drei Thatsachen, auf welche sie dieselbe basirten: 1) Der Herzstillstand und die Herzschlagverlangsamung. 2) Die vollständige Contractionsfähigkeit des Herzens während des Stillstandes. 3) Das Aufheben der Muscarinwirkung durch Atropin.

Durch die vorliegende Untersuchung sind einige neue Reactionen des muscarinisirten Herzens aufgedeckt worden und es muss die Frage aufgeworfen werden, ob wir bei dieser erweiterten Kenntniss der Muscarinwirkung mit der alten Theorie ausreichen können. Nach der Schmiedeberg'schen Theorie werden die Vagusenden gereizt. Nach unseren Versuchen sind die Vagusenden nicht erregbar, wenigstens vom Vagus aus. Hierin liegt ein schwer aufzuklärender Wiederspruch. Wohl liesse sich auch hier ein Ausweg finden. Man brauchte nur die Schmiedeberg'sche Theorie von zwei getrennten Vagusapparaten zu acceptiren und könnte dann sagen, dass das Muscarin den dem Vagus näher stehenden Apparat lähmt, den anderen aber reizt. In solcher Weise liesse sich Reizung eines Vagusendeapparates und die Wirkungslosigkeit des Vagus sehr wohl vereint vorstellen. Bei einer solchen Theorie wäre aber Hypothese auf Hypothese aufgebaut. Zunächst ist die Annahme eines Hemmungsapparates hypothetisch, noch hypothetischer ist die Annahme zweier Hemmungsapparate und nicht weniger hypothetisch ist die Annahme, dass Atropin den Vagusapparat lähme. Viel richtiger dünkt es uns, nur an der Hand der vorhandenen Erscheinungen, ohne Zuhilfenahme der Theorie von Hemmungsapparaten, die ja ohnehin wenigstens in ihrer ursprünglichen Fassung von vielen Seiten[1] verlassen ist, und mit Uebergehung der Atropinreaction eine Erklärung der Muscarinwirkung zu versuchen.

Diese unsere Erklärung bezieht sich zunächst auf das 1. und 2. Stadium, denn im 3. und 4. Stadium haben wir es ja nicht mehr mit der vollen Intoxication zu thun. Für diese beiden ersten Stadien lautet unsere Erklärung folgendermaassen: Durch das Muscarin werden jene Apparate des Herzens, die die Reize aufnehmen und ausgeben — ob man

---

[1] Rosenthal, v. Basch, Gad u. A.

So sagt Rosenthal (*Bemerkungen über die Thätigkeit automatischer Nerven centren u. s. w.* 1875. S. 20): „Hier mag die Bemerkung genügen, dass hemmende Centralorgane im Herzen nicht nachgewiesen sind, und ihre Annahme nicht zur Erklärung der bisher bekannten Erscheinungen nothwendig ist". Weiter (S. 21): „Bei der Erklärung von Giftwirkungen auf das Herz haben Schmiedeberg, Böhm u. A. die Existenz eines solchen Hemmungscentrums meist vorausgesetzt und darauf die Erklärungen gegründet. Wie weit diese auch ohne jene Hypothese durchführbar seien, kann hier nicht des Weiteren untersucht werden". Prof. v. Basch (Ueber Summation der Reize. *Sitzungsberichte der Wiener Akademie.* Bd. LXXIX) spricht folgende Meinung über die Wirkungsweise des N. vagus aus: „Ich will hier bemerken, dass die Theorie von summirenden motorischen Herzcentren wohl vereinbar ist mit der besonders von Rosenthal vertheidigten Ansicht, dass es im Herzen keine besonderen Hemmungscentren, zu denen des Vagus in Relation steht, gäbe, denn ein Nerv, der die Summation verlangsamt oder die Auslösung erschwert, muss die Rhythmik nothwendig verlangsamen."

dieselbe in die Nervensubstanz bezw. die Ganglien oder in Muskelsubstanz des Herzens zu verlegen habe, bleibe dahingestellt — der Art verändert, dass die Herzcontraction aufhört oder nur seltener wird. Die Contractionsfähigkeit des Herzens bleibt dabei unversehrt. Ferner wird durch das Muscarin zeitweilig die Functionsfähigkeit jener Apparate aufgehoben, durch deren Vermittlung die Vagusreizung am normalen Herzen Stillstand resp. Verlangsamung erzeugt, jene Apparate aber durch deren Vermittlung die Acceleransreizung die Herzschläge häufiger macht, bleiben ununterbrochen functionsfähig.

Dass der Herzzustand, den das Muscarin erzeugt, dem Anscheine nach die grösste Aehnlichkeit mit dem hat, wie er durch Vagusreizung hervorgerufen wird, ist unleugbar. Nur scheint es uns nicht wie Rossbach[1] ausgemacht, dass Muscarin genau denselben Zustand erzeugt, wie am normalen Herzen die Vagusreizung. Wäre dies der Fall, dann müsste es ja möglich sein, einen durch Muscarin verlangsamten Herzschlag durch Vagusreizung zum Stillstand zu bringen oder noch mehr zu verlangsamen. Vollständig berechtigt scheint uns aber die Auffassung Rossbach's, dass ebensowenig als das Atropin lähmend, das Muscarin auf hemmende Nervenendigungen oder Ganglien erregend wirke.

An unsere Erklärung der Muscarinwirkung, die im Grunde nur in einer etwas verallgemeinerten Darstellung der beobachteten Erscheinungen besteht, knüpfen sich folgende Betrachtungen:

Das Muscarin ändert unserer Erklärung zufolge nur den Vagusapparat im Herzen, den Acceleransapparat lässt es intact. Wollte man annehmen, dass es ein und derselbe Apparat sei, dessen sich beide Nerven zur Vermittelung ihrer Wirkung bedienen, dann müsste man sich vorstellen, dass ein und derselbe Apparat durch das Muscarin geändert und zu gleicher Zeit nicht geändert wird. Viel leichter ist es sich vorzustellen, dass das Muscarin den einen Apparat ändert, den anderen aber nicht. Eine solche Vorstellung birgt in sich die Annahme, dass der Vagus und Accelerans getrennte Angriffspunkte im Herzen besitzen. Wie man sieht, sind wir auf Grund unserer Erfahrungen über die Wirkungsweise der Herznerven allerdings auf anderem Wege zu derselben Ansicht gelangt wie Baxt-Ludwig bei ihren Untersuchungen am normalen Herzen.

Noch eine andere Betrachtungsweise wird durch unsere Versuche angeregt. Die Beobachtung, dass die in's zweite Stadium fallende Acceleransreizung eine dauernde Pulsbeschleunigung hervorruft, also gewissermaassen den Eintritt des späteren Stadiums beschleunigt, legt den Gedanken nahe,

---

[1] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XXVII.

dass die Acceleransreizung die Wirkung des Giftes beseitige, also ähnlich wirke wie ein Gegengift. Kann unter solchen Umständen nicht an die Möglichkeit gedacht werden, dass es Veränderungen chemischer Natur sind, die die Acceleransreizung einleitet? und wenn wir sehen, dass die durch Muscarin zeitweilig vernichtete Vaguswirkung wiederkehrt, ist da nicht die Meinung gestattet, dass das Muscarin eine durch den Vagus vermittelte Reaction vernichtet habe, die früher bestand?

Zu diesen Betrachtungen sind wir übrigens nicht allein durch unsere, sondern auch durch die interessanten von Löwit, Ludwig und Luchsinger gefundenen Thatsachen geleitet worden, dass die durch Natron vernichtete Vaguswirkung durch Kali wieder restituirt wird (Löwit [1]) und dass Vagusreizung am Salzfrosche mehr wirkt als am normalen (J. Ludwig und Luchsinger[2]).

Dass die Vagusreizung am muscarinisirten Herzen kleine Pulse erzeugt, was bis jetzt, so viel wir wissen, am Säugethierherzen noch nicht beobachtet worden, ist namentlich deshalb bemerkenswerth, weil diese Erscheinung eine Analogie zu dem von Coats[3] am normalen Froschherzen und von Schmiedeberg[4] am nicotinisirten Herzen Beobachtetem bildet. Diese Wirkungsweise des Vagus ist übrigens nicht constant und es muss weiteren Versuchen vorbehalten bleiben, genau die Bedingungen ihrer Entstehung zu ermitteln. Ebenso müssen noch die Bedingungen genauer präcisirt werden, unter denen die Acceleransreizung rein motorisch, d. i. die Dauer und Form der Systole beeinflussend wirkt. In Bezug hierauf wissen wir nur, dass diese Erscheinung sich erst bei stärkerer Intoxication und nach längerer Reizung bemerkbar macht.

Die kleinen durch Vagusreizung und die grossen durch Acceleransreizung erzeugten Herzcontractionen liessen sich unter der Voraussetzung, dass das von Bowditch und Kronecker für das Froschherz aufgestellte Gesetz, dass die Contraction im Allgemeinen nicht von der Stärke der Reize, sondern von dem jeweiligen Erregbarkeitszustande des Herzens abhängt, auch für das Säugethierherz gültig ist, derart deuten, dass man annimmt, durch die Vagus- oder Acceleransreizung entstünde eine Veränderung — etwa chemischer Natur — des Herzzustandes, die wir uns in dem einen Falle als Herabsetzung, in dem anderen als Erhöhung der Erregbarkeit vorstellen könnten.

Ueber die Arhythmie, des mit Muscarin vergifteten Herzens, ist Folgen-

---

[1] Löwit, Beiträge zur Kenntniss der Innervation des Herzens. Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XXV.

[2] J. Ludwig u. Luchsinger, Zur Physiologie des Herzens. *Ebenda.*

[3] Coats, *Bericht der Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften.* 1869.

[4] Schmiedeberg, *Ebenda.* 1870.

des zu bemerken: Was zunächst den Charakter derselben anbelangt, so ist zu unterscheiden zwischen einer reinen Arhythmie — d. i. einer blossen Aenderung des Rhythmus — und einer complicirten, das heisst einer solchen, bei der nicht nur der Rhythmus, sondern auch die Herzcontractionen unregelmässig sind. Von einer näheren Beschreibung der Arhythmie wollen wir absehen, weil dieses uns zu weit führen würde. Wir werden nur dieselbe durch einige Bilder verunschaulichen (Taf. XVIII, Figg. 7, 9, 11, 12). In der Regel tritt, wie wir schon erwähnt haben, die Arhythmie nach dem Stadium der Verlangsamung ein, doch haben wir sie auch vor derselben beobachtet. Als Regel gilt, dass sie sich zwischen zwei Zustände des Herzens einschiebt, die das Gemeinsame eines regelmässigen Schlages haben und nur durch die Häufigkeit und Grösse der Contractionen von einander unterscheiden. Hieraus ist zu folgern, dass die verschiedenen Herzzustände bei der Muscarinvergiftung sich nicht plötzlich, sondern allmählich ändern. Der Zeitraum, in dem diese Aenderungen vor sich gehen, scheint durch die Arhythmie des Herzschlages charakterisirt. Dass die Arhythmie als ein Uebergangsstadium aufzufassen sei, geht auch daraus hervor, dass wir während derselben einem inconstanten Verhalten der Herznerven, namentlich des Vagus begegnen. Das will sagen, dass in diesem Stadium bald der Zustand des vorhergehenden, das heisst der Verlangsamung, überwiegt, in welchem die Vagi nicht wirken, bald der Zustand des nachfolgenden Stadiums, wo die Vagi wirksam werden. Der Zustand des Herzens während der Arhythmie ist gewissermaassen als ein labiler zu bezeichnen.

Schliesslich wollen wir noch erwähnen, dass wir manchmal als Nachwirkung der Acceleransreizung Arhythmie beobachtet haben. Wie Figg. 8 und 10, Taf. XVIII, zeigen, hat diese Arhythmie einen wesentlichen anderen Charakter als die durch Muscarin allein erzeugte.

Weiteres über die Entstehung der respiratorischen Blutschwankungen.

Von

Dr. Ludwig Schweinburg.

(Aus dem Laboratorium von Prof. v. Basch in Wien.)

(Hierzu Tafel XVIII b.)

In einer früheren in diesem Archive erschienenen Arbeit habe ich auf Grund der Thatsache, dass nach Durchschneidung der Nn. phrenici die respiratorischen Blutdruckschwankungen verschwinden, die Behauptung aufgestellt, dass an der Entstehung der respiratorischen Blutdruckschwankungen sich in hervorragender Weise die durch die abwechselnde Contraction und Erschlaffung des Zwerchfelles veranlassten Aenderungen des intraabdominalen Druckes betheiligen.

Ist diese Annahme richtig, dann muss es möglich sein, auch bei normaler Zwerchfellsathmung die respiratorischen Blutdruckschwankungen zum Schwinden zu bringen einfach dadurch, dass man die arteriellen Gefässe des Unterleibes verschliesst.

Ist die Herzfüllung das allein maassgebende, dann müssen die respiratorischen Blutdruckschwankungen nach wie vor fortbestehen; ist unsere Ansicht die richtige, dann müssen sie entweder ganz oder zum Theile aufhören.

Der Versuch entschied, wie sich zeigen wird, zu Gunsten unserer Meinung.

Die Ausführung desselben ist mit einigen operativen Schwierigkeiten verknüpft. Es handelt sich nämlich darum, die Aorta thoracica extrapleural

zu präpariren. Behufs Vornahme dieser Operation thut man gut, das vorher mit Morphium narkotisirte Thier — wir wählten auch hier Hunde — in der Bauchlage zu fixiren. Man resecirt sodann unter sorgfältiger Vermeidung von Blutungen rechterseits die vorletzte Rippe bis knapp an das Köpfchen, besser ist es, man enucleirt dieselbe vollständig, was auch ohne Verletzung der Pleura auszuführen ist. Ist dies geschehen, dann bahnt man sich mit dem Finger vorsichtig, die Pleura costalis losschälend, einen Weg zur Aorta, führt, durch diesen Finger geleitet, ein Häkchen zur selben, umfasst sie mit demselben und zieht sie hervor. Nun ist es nicht mehr schwierig, einen Faden mit dem Gräfe-Ludwig'schen Ligaturstäbchen um dieselbe zu legen.

Ist die Operation ohne Verletzung der Pleura geglückt, dann kann man bei normaler Zwerchfellsathmung und bei vollständig geschlossener Bauchhöhle die Brustaorta, mithin sämmtliche arteriellen Zuflüsse zum Abdomen verschliessen.

Im Uebrigen erfolgte die Ausführung des Versuches nach demselben Modus wie früher. Es wurden beide Vagosympathici durchschnitten, die Carotis mit einem registrirenden Quecksilbermanometer verbunden und auch für die graphische Darstellung der Athembewegung Sorge getragen.

Gleich der erste Versuch zeigte, dass die deutlich ausgesprochenen respiratorischen Schwankungen des Blutdruckes (Fig. 1 *a* und Fig. 2 *a*) verschwanden, sobald man die Aorta comprimirte. Die nähere Betrachtung der Curven (Taf. XVIII, Figg. 1 *b* und 2 *b*) lehrt, dass die beginnende Inspiration keine Steigerung des arteriellen Druckes hervorruft und dass, was besonders zu betonen ist, nur eine leichte in die Exspiration fallende Steigerung des Blutdruckes sich bemerklich macht.

Nachdem der Versuch dieses gelehrt, wurde das Thier curarisirt und künstlich ventilirt. Als nun jetzt die Aorta comprimirt wurde, zeigte sich, dass die vorher bestehenden durch die künstliche Respiration erzeugten Blutdruckschwankungen unverändert blieben.

Das ganz gleiche Verhalten beobachteten wir in einem zweiten vollständig geglückten Versuch (Fig. 3 *a b*). Hier wie früher trat nach Compression der Aorta nur ein geringes Ansteigen des Blutdruckes zu Beginn der Exspiration ein (Fig. 3 *b*). Ich sage vollständig geglückt, weil für das Gelingen des Versuches nicht allein das Gelingen der Operation, sondern auch der Umstand von Wichtigkeit ist, dass die Athmung eine ruhige, nicht forcirte, sei.

In dem Versuche, von dem ich jetzt spreche, war dies durch Durchschneidung des Brustmarkes, also Lähmung eines grossen Theiles der in- und exspiratorischen Brust- und Bauchmuskeln bewirkt worden.

Auch hier wurde zum Schlusse des Versuches das Thier curarisirt

und die künstliche Athmung eingeleitet. Die Compression der Aorta, in diesem Stadium ausgeübt, änderte nicht im geringsten die respiratorischen Blutdruckschwankungen.

Diese Versuche lehren gleiches wie die Versuche mit Zwerchfellslähmung, nur in anderer Weise. Die früheren Versuche lehrten, dass die Blutdruckschwankungen ausfallen, weil man ihre Entstehungsbedingungen, insoweit dieselben auf den intraabdominalen Druck beruhen, durch Lähmung des Zwerchfelles beseitigte; die vorliegenden Versuche lehren, dass sie nicht zum Vorschein kommen, weil die Zwerchfellsaction nach Verschluss der Brustaorta Widerstände der arteriellen Strombahn weder neu schaffen noch beseitigen kann.

Wir haben auch einen Versuch zu registriren, in dem bei Verschluss der Aorta die inspiratorische Blutdrucksteigerung nach wie vor eintrat.

Die Resultate dieses Versuches stehen aber durchaus nicht im Widerspruch mit unserer Annahme. Diese bezieht sich ja nur auf die Vorgänge während der ruhigen normalen Athmung, wo unserer Annahme zufolge die Herzfüllung während der Inspiration nicht wesentlich grösser zu sein braucht als in der Exspiration. Bei der übermässig forcirten Athmung kann aber der Fall eintreten, dass die Herzfüllung bei der Inspiration so stark wird, dass das Herz, auch ohne dass zu gleicher Zeit die Stromwiderstände wachsen, einer grösseren Anstrengung bedarf, um sich vollkommen zu entleeren.

In vollem Einklange hiermit stehen die Versuche Gad's,[1] die darthun, dass bei nasaler Athmung die respiratorischen Blutdruckschwankungen grösser sind als bei trachealer.

Was unserer Meinung nach nur bei forcirter Athmung eintritt, d. i. eine wesentliche Differenz der Herzfüllung in den verschiedenen Respirationsphasen, das muss bei künstlicher Respiration am curarisirten Thiere immer erfolgen; wir sehen wenigstens nicht ein, wie ohne diese Voraussetzung bei völligem Gleichbleiben der Stromwiderstände die zeitweilige Erhöhung der Blutspannung zu erklären wäre.

Unter dieser Voraussetzung erklärt es sich auch, weshalb die Aortencompression nie im Stande ist, die während der künstlichen Respiration eintretenden Blutdruckschwankungen zu verwischen.

Ich will noch schliesslich erwähnen, dass die hier vertretene Meinung auch mit dem von Skoda[2] ausgesprochenen Satz übereinstimmt, dass dem rechten Herzen während der In- und Exspiration gleiche Blutmengen zuströmen.

---

[1] Ueber Athemschwankungen des Blutdrucks. *Verhandlungen der Berliner physiologischen Gesellschaft. — Dies Archiv* 1880.

[2] *Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften.* Bd. IX. S. 788.

Die Erschöpfung und Ernährung des Froschherzens.

Von

Dr. Friedrich Martius.

Aus der speciell physiologischen Abtheilung des physiologischen Instituts zu Berlin.

(Hierzu Tafel XIX.)

Die nachstehende Arbeit ist aus einer Reihe von Versuchen hervorgegangen, die der Verf. auf Vorschlag und unter Leitung des Hrn. Prof. Kronecker, dem er zu grossem Dank verpflichtet ist, im physiologischen Institut der Berliner Universität angestellt hat.

Seitdem vor nunmehr 30 Jahren Stannius bei Unterbindung des Froschherzens jene unter seinem Namen populär gebliebenen nervösen Phänomene beobachtete, die für ihn selbst ebenso überraschend waren, wie sie das Interesse seiner Zeitgenossen auf das Lebhafteste in Anspruch nahmen, ist das Froschherz ein ebenso gesuchtes, wie immer wieder dankbares und ergiebiges Feld physiologischer Experimentaluntersuchung geblieben. Aber die Aufmerksamkeit der Forscher blieb bis in die neueste Zeit hinein wesentlich auf dasselbe Untersuchungsziel gerichtet, das schon Stannius zu seinen Versuchen anregte, „den Einfluss der Nerven auf die Herzbewegung näher kennen zu lernen". Namentlich die Ludwig'sche Schule war es, die durch Ausbildung einer Schritt für Schritt vervollkommneten Methode „die Reizbarkeit des Herzens" und alle damit zusammenhängenden Fragen, wie „die Rhythmicität" und „die Periodicität der Schlagfolge" u. s. w. in empirisch sichere Gesetze zu fassen suchte. Bei diesen ausserordentlich zahlreichen und sorgfältigen Untersuchungen stellte sich jedoch nach und nach heraus, dass die Leistungen des ermüdenden und sich erholenden Herzmuskels durchaus nicht von der Einrichtung des nervösen Mechanismus

und der Natur der inneren oder äusseren Reize allein abhängt. Kronecker[1] wies überzeugend nach, dass das unter dem Namen der „Bowditch'schen Treppe“ benannte Phänomen nicht nervösen Ursprungs ist, sondern davon abhängt, ob das Herz mit frischem Nährmaterial versehen ist oder nicht. „Die Herzmusculatur vermag nur mit Hülfe stets frischen Nährmaterials zu functioniren“ (Kronecker). Dieser so einfache und scheinbar selbstverständliche Satz eröffnete für die Physiologie des Froschherzens ganz neue Wege und Aussichtspunkte. So lange man den Einfluss der Ernährung auf die Function des ausgeschnittenen Froschherzens nicht in Betracht zog, so lange man ohne Berücksichtigung des Umstandes, ob das Herz mit indifferenter oder ernährender Flüssigkeit, mit frischem oder durch die geleistete Arbeit bereits verändertem Nährmaterial gefüllt war, so lange man ohne Rücksicht auf diese Bedingungen die in den Kardiogrammen bildlich fixirten Leistungen des Herzens wesentlich auf die Reizbarkeit des nervösen Mechanismus causal bezog, war es unmöglich, falsche Interpretationen beobachteter Thatsachen zu vermeiden.

Wenn nun in der Berücksichtigung der jeweiligen Ernährungsverhältnisse ein wirklicher Fortschritt für die Beurtheilung der so complicirten Phänomene des vom Körper getrennt arbeitenden Froschherzens gegeben ist, so verdanken wir denselben einem scheinbar geringfügigen Umstande, der Einfügung der Kronecker'schen „Doppelwegcanüle“ in das bekannte Froschherzmanometer der Ludwig'schen Schule. Gegenüber dem ursprünglich von Cyon[2] in Ludwig's Laboratorium construirten Apparate, der zur Herstellung eines künstlichen Kreislaufs durch das am Manometer arbeitende Froschherz diente, besteht die Vervollkommnung darin, dass mit der Perfusionscanüle das Herz vor der Füllung mit neuem Nährmaterial bequem und vollkommen unter einem beliebigen Druck ausgewaschen, sowie nach dem Auswaschen auf's Neue mit immer frischen Mengen zu untersuchender Nährflüssigkeiten gespeist werden kann. Dies sind aber, wie leicht ersichtlich, die nothwendigen Vorbedingungen aller Untersuchungen über die Ernährungsverhältnisse des ausgeschnittenen Froschherzens. Der benutzte Apparat findet sich abgebildet und beschrieben im Bericht über die wissenschaftlichen Apparate auf der Londoner internationalen Ausstellung im Jahre 1876. Braunschweig, Vieweg und Sohn 1881 (H. Kronecker, Apparate für Physiologie).

---

[1] Kronecker und Stirling, Das charakteristische Merkmal der Herzmuskelbewegung. *Beiträge zur Anatomie und Physiologie, als Festgabe* Carl Ludwig *gewidmet.* Leipzig 1875. S. 173.

[2] E. Cyon, *Methodik der physiologischen Experimente und Vivisectionen.* Giessen 1876. S. 134.

Die mit diesem Apparate, dessen genauere Kenntniss vorausgesetzt werden muss, gewonnenen Curven lassen in der Thätigkeit des Herzens wesentlich zweierlei unterscheiden: erstens die Schlagfolge desselben, ausgedrückt durch die Anzahl der Contractionen in der Zeiteinheit und die Gruppirung derselben, zweitens die Arbeitsgrösse jeder einzelnen Contraction, die sich aus der Höhe der entsprechenden Pulscurve berechnen lässt, wenn man den Durchmesser des cylindrischen Manometerrohrs, in welchem vom Herzen das Quecksilber gehoben wird, kennt.

Zum Zustandekommen der Schlagfolge concurriren zwei Momente: die Erregbarkeit der Herzmusculatur und das Vorhandensein innerer oder äusserer Reize. Als äussere Reize kommen für unsere Zwecke wesentlich zwei, der elektrische und der mechanische, in Betracht. So lange die Herzmusculatur überhaupt erregbar ist, löst jeder für den jeweiligen Zustand des Herzens hinreichende Reiz eine Zuckung aus; dabei variiren jedoch die Zeitgrössen, innerhalb deren die Reize auf einander folgen dürfen, um „unfehlbar" zu sein (Kronecker[1]). Innere Reize nehmen wir an, wenn das Herz spontan, d. h. eben ohne äusseren Anreiz, thätig ist. Worin die inneren Reize bestehen, das ist bekanntlich eine viel discutirte, aber noch nicht endgültig entschiedene Streitfrage. Ob endlich für die Erregbarkeit der Musculatur das Vorhandensein nervöser Elemente, die in der „Herzspitze" aufzufinden noch nicht gelungen ist, vorausgesetzt werden muss, oder ob man annehmen darf, dass die Muskelfaser des Herzens auch für innere Reize direct erregbar sei, also die Function von Nervenelementen mit übernimmt (Engelmann[2], Aubert[3]), das darf wohl ebenfalls noch als offene Frage behandelt werden.

Dagegen steht Eins fest und das ist der Ausgangspunkt unserer ganzen Untersuchung. Wie auch immer der Mechanismus beschaffen sein mag, durch welchen innere oder äussere Reize das Herz zur Contraction zwingen, die Höhe der Zuckung, also die eigentliche Arbeit des Herzens bei jeder einzelnen Contraction, hängt nicht von der Grösse des Reizes ab. Allerdings variirt die Grösse der eben wirksamen Reize bei verschiedenen Erregbarkeitszuständen des Herzens innerhalb sehr weiter Grenzen. Aber hat man für einen bestimmten, gegebenen Erregbarkeitszustand den adäquaten minimalen Reiz gefunden, so bringen stärkere Reize keine grössere

---

[1] Marey hat diese vorübergehende Abnahme der Erregbarkeit des Froschherzens nach jedem Pulse erst drei Jahre nach Kronecker ausführlich erörtert. *Travaux du laboratoire de* M. Marey. Paris 1878.

[2] Th. Wilh. Engelmann, Ueber die Leitung der Erregung im Herzmuskel. *Archiv für die gesammte Physiologie.* XI. 1875. S. 465.

[3] Aubert, Die Innervation der Kreislaufsorgane. Hermann's *Handbuch der Physiologie.* Bd. IV. S. 371.

Zuckung hervor. „Der minimale Reiz ist zugleich der maximale," wie Kronecker[1] dies zuerst von Bowditch aufgestellte Fundamentalgesetz als ausnahmslos gültig nachgewiesen und formulirt hat. Hieraus folgt unmittelbar, „dass der Grund, weshalb die Herzspitze in verschiedenem Umfange zuckt, in den veränderlichen Eigenschaften der Muskelfaser selbst zu suchen ist" (Bowditch[2]). Inwiefern in diesen Sätzen die Grundlage für die Untersuchung gerade der Ernährungsverhältnisse des Froschherzens gegeben ist, das ist leicht einzusehen. Wir gehen davon aus, dass wir in der aufgezeichneten Höhe einer jeden Contraction ein berechenbares Maass der Arbeit besitzen, die das Herz bei derselben geleistet hat. Ein eben eingebundenes, noch kräftiges Herz macht, nachdem es mit einer indifferenten Flüssigkeit (0.6% NaCl-Lösung) gefüllt ist, so starke Contractionen, dass es nahezu seinen gesammten Flüssigkeitsinhalt in das Manometerrohr presst. Die absolute Höhe der Anfangszuckung ist unter diesen Umständen demnach proportional der im Herzen befindlichen Flüssigkeitsmenge, variirt also bei verschiedenen Herzen mit deren natürlicher Capacität, sowie mit der Höhe, in der die Unterbindung vorgenommen ist. Spült man nun ein solches frisch eingebundenes Herz mit derselben indifferenten Flüssigkeit mehrmals aus, so nehmen die Zuckungen merklich an Grösse ab. Die Höhe der Curven sinkt bei fortgesetztem Auswaschen bis auf Null herab. Das Herz verliert also unter dieser Behandlungsweise bald die Fähigkeit, sich bis zu dem Grade zu contrahiren, dass es sich seines ganzen Inhalts entleert. Da die Ursache dieser Erscheinung zufolge des erwähnten Fundamentalgesetzes nicht etwa in mangelnden Reizen oder herabgesetzter Erregbarkeit des Herzens zu suchen ist, so bleibt nur die Annahme übrig, dass die Herzmusculatur die Kraft verliert, dasjenige Maass mechanischer Arbeit zu verrichten, welches erforderlich ist, eine Quecksilbersäule von bestimmtem Gewicht zu heben. Diese allmähliche Abnahme der Arbeitsenergie des Herzens wollen wir „Erschöpfung" nennen. So definirt, hat dieselbe also mit Abnahme der Erregbarkeit durchaus nichts zu thun.

Wie haben wir uns nun das Zustandekommen der Erschöpfung vorzustellen? Da wir mit Erschöpfung eine unter den angegebenen Bedingungen constant zu beobachtende allmähliche Herabminderung der Arbeitsenergie des Herzens bezeichnen, so kann dieselbe nur darin bestehen, dass der Muskel die ihm zu Gebote stehenden Spannkräfte aufzehrt. Wie aber die Dampfmaschine ihre Spannkräfte der ihr zugeführten Kohle, so entnimmt der thätige Muskel seine Spannkräfte dem ihn speisenden Ernährungsmaterial und dieses ist das Blut. So lange dem ausgeschnittenen

---

[1] A. a. O. S. 176.

[2] Bowditch, Ueber die Eigenthümlichkeiten der Reizbarkeit, welche die Muskelfasern des Herzens zeigen. *Arbeiten aus d. physiol. Anstalt zu Leipzig* 1871.

Herzmuskel noch Reste seines Ernährungsblutes assimilirbar zur Verfügung stehen, arbeitet er, natürlich vorausgesetzt, dass die etwa mangelnden inneren Reize durch genügend starke äussere ersetzt werden. Nun besitzt aber, wie bekannt, das Froschherz keine Coronararterien. Dagegen „ist die Muskelsubstanz der Kammern überall bis auf sehr geringen Abstand (etwa 0·02 ^{mm}) vom Ektokard von capillaren Spalten durchzogen, die mit der Kammerhöhle communiciren und mit einer Fortsetzung des Endothels der letzteren bedeckt sind. Diese capillaren Spalten spielen in Bezug auf die Ernährung der Kammerwand die Rolle der echten Haargefässe, welche bei den höheren Vertebraten aus den Coronararterien entspringen. Bei der Systole entleeren sie ihr Blut in die Kammerhöhle, bei der Diastole füllen sie sich von dieser aus wieder" (Engelmann[1]). Diese anatomische Anordnung macht es verständlich, dass es nicht ganz leicht ist, dem frisch ausgeschnittenen Froschherzen alles natürliche Ernährungsmaterial zu entziehen. Ein mit einer indifferenten Flüssigkeit „gefülltes" Herz besitzt zwischen dem gröberen Maschenwerk seiner Balken, sowie in den beschriebenen capillaren Spalträumen soviel aus seinem eigenen Blute stammendes Ernährungsmaterial, dass es uns durchaus nicht Wunder nehmen darf, wenn es unter sonst geeigneten Bedingungen noch lange Zeit Arbeit zu leisten im Stande ist. Nur durch mehrmaliges längeres Durchspülen und Auswaschen bei wechselndem Druck, wie es uns die Perfusionscanüle ermöglicht, konnte man erwarten, das Herz der letzten Reste seines Ernährungsblutes zu berauben. In der That liessen Kronecker's Erfahrungen annehmen, dass dieses Ziel erreicht sei. „Verdrängt man das in der Herzhöhle befindliche Blut oder Serum durch unschädliche Kochsalzlösung (0·6 $^0/_0$), so sinken die Pulse sehr schnell bis zur Unmerklichkeit; bald bleiben nur noch matte, peristaltische Bewegungen und endlich steht das Herz in Diastole still, unfähig, selbst auf die stärksten Reize die leiseste Bewegung auszuführen. Durchspült man nunmehr das erschlaffte Organ wieder mit sauerstoffhaltiger Blutflüssigkeit, so beginnt es bald fibrilläre Zuckungen zu machen, dann schwach zu schlagen, bis es endlich ebenso arbeitet, wie im frischen Zustande."[2] Aus diesen Beobachtungen liess sich unmittelbar folgern, dass das ermüdete Herz bei seiner Arbeit „nicht vom eigenen Stoffe zehrt", sondern aus dem Speisungsblute das Material entnimmt, welches es zu neuer Arbeit befähigt.

In directem Widerspruch zu den eben entwickelten Anschauungen nun steht der Schluss, den Gaule[3] aus seinen Ernährungsexperimenten am

---

[1] A. a. O. S. 473.

[2] Kronecker, A. a. O. S. 200.

[3] Gaule, Die Leistungen des entbluteten Froschherzens. *Dies Archiv*, 1878. S. 291.

Froschherzen zog. Ausgehend von den Beobachtungen von Merunowicz[1], dass Lösungen, welche man aus der Asche des Kaninchenserums hergestellt hat, die Fähigkeit besitzen, das Froschherz, welches sie durchspülen, zu zahlreichen und kräftigen Contractionen zu veranlassen, dass ferner das kohlensaure Natron derjenige Bestandtheil der Serumasche sei, von dem diese Wirkung abhänge, kam Gaule auf die Vermuthung, dass „nicht die Kohlensäure, sondern das Alkali derjenige Bestandtheil des kohlensauren Natrons sei, welcher auf die Schlagfähigkeit des Herzens einwirke.“ Um diese Frage zu entscheiden, behandelt er ein mit reiner Na Cl-Lösung durchspültes und „beruhigtes“ Herz mit einer Kochsalzlösung, die durch sehr geringen Zusatz von Natronhydrat (im Maximum 5 ^{mgr} auf 100 ^{Ccm} Flüssigkeit) alkalisch gemacht war. „Die Wirksamkeit dieser Lösung konnte nur mit dem verglichen werden, was Merunowicz von der Mischung von Kochsalz und Blut gesehen hat.“ Die durch Ausspülung mit Kochsalzlösung in Scheintod versetzten Herzen begannen kräftig zu pulsiren und behielten noch lange ihre Leistungsfähigkeit. Aus diesen Beobachtungen zieht Gaule den Schluss, „dass die recht beträchtliche Arbeit, welche ein Herz unter dem Regime dieser anorganischen Diät leistet, nur durch Umsetzung seiner eignen Substanz erzielt werden kann.“

Zu diesem Schlusse ist aber Gaule offenbar nur berechtigt auf Grund der von ihm gemachten Annahme, dass das durch Auswaschen mit reiner Na Cl-Lösung „beruhigte“ Herz vollkommen „entblutet“ sei. Um daher die Frage, ob das Herz auf Kosten seiner eigenen Substanz Arbeit zu leisten vermöge oder nicht, zur Entscheidung zu bringen, galt es die Vorfrage zu erledigen, nämlich ein sicheres Kriterium zu gewinnen, wann ein Herz vollkommen entblutet, also auch der letzten und kleinsten Reste seines Ernährungsblutes beraubt sei, sowie eine sichere Methode auszubilden, die es gestattet, dies Ziel in jedem einzelnen Falle zweifelsohne zu erreichen.

Zu dem Zwecke wurden die Ausspülungsversuche des Herzens mit folgender Versuchsanordnung wieder aufgenommen.

Durchspülung des diastolisch erweiterten Herzens entfernt, wie das Mikroskop nachweist (Engelmann), das in den capillaren Spalten noch enthaltene Blut nur höchst unvollkommen. Dagegen ist leicht verständlich, dass das letztere durch kräftige Contractionen während der Durchspülung ausgepresst und so bedeutend schneller fortgeschafft wird. Da nun aber bei Anwendung des erwähnten Froschherzmanometers alle Contractionen während der Durchspülung für den registrirenden Apparat verloren gehen,

[1] Merunowicz, Ueber die chemischen Bedingungen für die Entstehung des Herzschlages. *Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig.* 1875. S. 252.

wurde, ähnlich dem von Blasius in Fick's Laboratorium angewandten Verfahren [1], eine zweite Schreibvorrichtung angebracht, welche besagte Pulse aufzuzeichnen gestattete. Zu dem Zwecke wurde ein passender, in zwei Hälften geschnittener Kautschukpfropf oberhalb des eingebundenen Herzens luft- und wasserdicht um die Perfusionscanüle herumgelegt und dann auf das mit der Umspülungsflüssigkeit (0·6 $^0/_0$ Na Cl-Lösung) gefüllte Glasgefäss aufgesetzt, in welchem das Herz baden sollte. In den seitlich noch einmal durchbohrten Kautschukpfropf wurde darauf eine kleine gläserne Röhre eingesetzt, durch welche zunächst vermittelst einer fein ausgezogenen Pipette die in das Badegefäss mit eingedrungenen Luftblasen entfernt werden konnten. Ueber das kleine Ansatzrohr wurde nunmehr ein Gummischlauch gezogen, dessen anderes Ende mit einem Marey'schen Tambour enrégistreur in Verbindung stand. Wenn bei dieser Einrichtnng das Herz sich contrahirt, so entsteht in der Marey'schen Trommel eine Verminderung des Luftdruckes, deren Umfang mittels des Schreibhebels über der Curve des Manometers auf die berusste Kymographiontrommel sich aufzeichnet, und zwar, worauf es uns ja ankam, auch während der Durchspülung, wenn der Manometerschwimmer ruht. Unsere Vorrichtung hat noch einen zweiten Vortheil, nämlich den, nicht nur die bei jeder Einzelcontraction eintretenden, sondern auch länger dauernde Volumveränderungen des Herzens, wie Tonus, Starre u. dgl., genau zu fixiren.

Unseren Vorbetrachtungen zufolge bleibt bei den Ausspülungs- und Erschöpfungsversuchen des Herzens die Frage der Erregbarkeit ganz ausser Betracht. Es handelt sich nur darum, dass das Herz überhaupt sich ohne grössere Pausen contrahirt, gleichgiltig, ob spontan oder auf äussere Reize hin. Da nun die untersuchten Herzen nach dieser Richtung hin grosse Verschiedenheiten zeigten (ich habe mit Herzen gearbeitet, die bis zur völligen Erschöpfung ohne jeden äusseren Anreiz continuirlich und rhythmisch pulsirten, während andere nach wenigen spontanen Pulsen nur durch Reizung zum Schlagen zu bringen waren), so wurde endlich noch ein elektrischer Reizapparat in die Versuchsanordnung eingefügt, um unter allen Umständen jedes Herz zu dauernder Arbeit zwingen zu können. Dies geschah in der Weise, dass der eine Leitungsdraht einer Inductionsrolle mit dem zu diesem Zwecke an der Perfusionscanüle angebrachten neusilbernen Dorn verbunden wurde, während der andere mit einem Silberdrath in Verbindung stand, der durch den Kautschukpfropf gestossen war und an seinem unteren Ende einen dicht über und neben dem eingebundenen Herzen frei in der Badeflüssigkeit stehenden angeschmolzenen Knopf trug. Gereizt

---

[1] Vergl. hierzu Cyon, *Methodik*. S. 140.

wurde mit den Oeffnungsinductionsschlägen eines mit einem Daniell'schen Elemente betriebenen du Bois-Reymond'schen Schlitteninductoriums.

Die vermittelst dieses Apparates angestellten Versuche bestätigten nun zunächst die von Gaule gemachte Entdeckung, dass ein durch Ausspülen mit Kochsalzlösung zum Stillstand gebrachtes Herz ausnahmslos wieder arbeitsfähig wird, wenn man die neutrale Na Cl-Lösung durch eine alkalische ersetzt.[1] Diese Wirkung lässt sich jedoch nicht mit der einer wahren Nährflüssigkeit vergleichen. Denn die auf diese Weise wiederhergestellte Arbeitsfähigkeit des Herzens hat ihre ganz bestimmten Grenzen. Allerdings dauert es unter Umständen selbst eine Stunde und darüber, bis, bei immer wiederholter Durchspülung mit alkalischer Na Cl-Lösung, die Arbeitsenergie des Herzens bis zur Unmerklichkeit abgenommen hat. Aber bei consequenter Behandlung in der angegebenen Weise erreicht man stets einen Zustand des Herzens, in dem dasselbe zwar noch lebensfähig, aber auch auf die stärksten Reize hin nicht mehr im Stande ist, sich zu contrahiren. (Vgl. das angehängte Facsimile einer Curventafel.)

Bevor diese äusserste Erschöpfung eintritt, kann man oft noch einen interessanten Zustand des Herzens beobachten, in welchem die Muskelfasern zwar sich noch verkürzen, aber mit diesen Contractionen keine Arbeit mehr verrichten können. Wenn die Herzpulse so schwach geworden sind, dass die registrirenden Apparate nur noch verschwindend kleine Ausschläge aufzeichnen und man dann durch Drehung des betreffenden Hahnes den

---

[1] Gaule hatte, um zu beweisen, dass lediglich das Alkali die Ursache der wiedererwachten Thätigkeit des Herzens sei, das ursprünglich angewandte kohlensaure Natron durch freies Natronhydrat ersetzt und dabei gefunden, dass bei einer Verdünnung von 1 : 200 000 (0·5 ^{mgrm} Na HO auf 100 ^{Ccm} Na Cl-Lösung) die Wirkung des Alkalis auf das Herz erkennbar zu werden anfängt, dass aber die höchsten und kräftigsten Pulse bei einer Concentration von 1 : 20 000 (5 ^{mgrm} Na HO auf 100 ^{Ccm} Na Cl-Lösung) erzielt werden. „Innerhalb dieser Grenzen ist für ein frisches, nicht ermüdetes, aber durch Kochsalzlösung vollständig entblutetes und beruhigtes Herz die Höhe der Contraction proportional der Menge des zugeführten Alkalis." (A. a. O. S. 294). Bei den von uns untersuchten Herzen liess sich diese Norm nicht beobachten. Verschiedene Herzen zeigten vielmehr gegen denselben Concentrationsgrad des Alkalis sehr verschiedene Empfindlichkeit. Wir fanden Herzen, bei denen die nach Gaule günstigste Concentration schon deletär wirkte. Dagegen fand sich bald, dass die Herzen im Grossen und Ganzen um so empfindlicher gegen die Einwirkung des Alkalis werden, je vollkommener sie ausgespült sind. Da Gaule selbst angiebt, dass schon geringe Mengen freien Natrons das Herz tödten und nach unseren Erfahrungen die Concentration, welche vertragen wird, nicht constant ist, sondern individuell schwankt, so kehrten wir zu dem viel weniger gefährlichen, aber durchaus wirksamen kohlensauren Natron zurück. Es war nicht nöthig „ziemlich viel" (Gaule) dieses Salzes der Durchspülungsflüssigkeit zuzusetzen; 3 bis 5 ^{mgrm} auf 100 ^{Ccm} Na Cl-Lösung genügten durchaus für den beabsichtigten Effect, ohne das Herz je zu gefährden.

Widerstand des Manometers ausschaltet, so schreibt der die Volumschwankungen des Herzens markirende Marey'sche Hebel, wie bei der Durchspülung, allein weiter. Aber die zuvor schon verschwindend klein gewordenen Ausschläge desselben machen sofort recht stattlichen Curven Platz, die nach Einschaltung des Manometers wieder verschwinden. Im letzteren Falle hat das Herz mit seinen Contractionen Arbeit zu verrichten, bei Ausschaltung des Manometers kaum.

Der objective Befund in Betreff der Alkali-Wirkung stimmt also in den wesentlichen Punkten mit den Beobachtungen von Gaule überein. Nur scheint es uns nicht bewiesen, dass derselbe zu der Annahme zwinge, unter der Einwirkung des Alkalis „schlage das Herz auf Kosten eines Vorrathes von Spannkräften, den es in seiner eigenen Substanz ursprünglich besitzt und den es allmählich verzehrt" (l. c. S. 297). Nach unseren oben entwickelten Anschauungen liegt es vielmehr nahe, sich vorzustellen, dass in den beschriebenen capillaren Spalten des Herzens noch Reste des ursprünglichen Ernährungsblutes aufgespeichert seien, die durch die NaCld Lösung noch nicht ausgespült, durch die alkalische Flüssigkeit auf irgeneine Weise für die Arbeit des Herzens disponibel gemacht werden.

Es fragt sich nur, wie nach den Erfahrungen, welche die Ausspülungsversuche an die Hand geben, eine derartige Einwirkung des Alkalis zu denken sei.

Zunächst wissen wir aus den Untersuchungen von Matteucci, Valentin und vielen anderen Forschern, dass bei der Thätigkeit des Muskels CO_2 gebildet wird. Nach den Erfahrungen an den Skeletmuskeln des Frosches aber muss man schliessen, „dass die Kohlensäure einen direct schädigenden Einfluss hat, sodass eine ihrer beständigen Production entsprechende Entfernung unentbehrlich ist" (Hermann[1]). Dasselbe gilt aber auch für den Herzmuskel. Kronecker und M'Guire[2] haben gezeigt, dass kohlensäurehaltiges Blut die Leistungsfähigkeit des Herzens mindert, während entgastes Serum, wie auch entgastes Blut kräftige Pulsationen unterhielten. Kohlensäure-Anhäufung im schlagenden Herzen macht dasselbe asphyktisch. Die beginnende Asphyxie äussert sich in einem beständigen Kleinerwerden der Pulse; das vollkommen asphyktische Herz stellt seine Thätigkeit ganz ein. Diesen Thatsachen gegenüber liegt es nahe, die Wirkung des Alkalis darin zu suchen, dass dasselbe durch Bindung der gebildeten Säure das thätige Herz vor Asphyxie bewahrt, resp. das asphyktisch gewordene Herz wieder entgiftet. In der That sehen wir (s. die beigegebene Tafel) die Pulse in

---

[1] Hermann, *Handbuch der Physiologie.* Bd. I. Theil I. S. 133.

[2] *Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin.* Mai 1878. S. 56. — *Dies Archiv,* 1878. S. 321.

der Zeit zwischen zwei Durchspülungen stetig bis zum Verschwinden kleiner werden, während das Herz nach einer Durchspülung mit alkalischer NaCl-Lösung sofort beinahe seine ganze Leistungsfähigkeit wieder gewinnt, welche letztere erst durch öfteres Ausspülen dauernd herabgesetzt werden kann. Diese unzweifelhaft vorhandene Wirkung des Alkalis, nämlich durch Bindung der Kohlensäure das Herz vor Asphyxie zu bewahren, allein genügt aber offenbar nicht, um den vorliegenden Effect zu erklären.

Halten wir immer daran fest, dass das Alkali ein Herz noch zu nachhaltiger Thätigkeit anregt, wenn nach einer erneuten Durchspülung mit der indifferenten NaCl-Lösung keinerlei Zuckung mehr erfolgt. Handelte es sich bloss um ein Wegschaffen der schädlichen CO_2, so wäre diese letztere Thatsache nicht zu verstehen. Denn die reine Kochsalzlösung kann das Unschädlichmachen der CO_2 auch besorgen, allerdings nicht auf chemischem Wege, sondern auf mechanischem, nämlich durch Wegspülen. Sie thut dies in der That zu Anfang der Ausspülungsversuche, wo bei reiner Kochsalzfüllung des Herzens die Pulse ebenfalls allmählich abnehmen, um nach einer erneuten Durchspülung sich wieder zu heben (Merunowicz[1]).

Nach den allgemein in der Muskelphysiologie geltenden Anschauungen spielt das circulirende Blut im lebenden Körper für die Muskelthätigkeit eine doppelte Rolle. Es besorgt die Abfuhr der bei der Thätigkeit gebildeten, nunmehr schädlichen Stoffe; es schafft für dieselben Ersatz herbei. Das erstere leistet nun das Alkali, wie wir gesehen haben, für unser unter künstlichen Bedingungen arbeitendes Froschherz in der That. Wo kommt aber der Ersatz für die Stoffe her, die durch den mit jeder Contraction verbundenen chemischen Umsatz (sei derselbe nun Oxydation oder Spaltung) verloren gehen? Aus der alkalischen Kochsalzlösung jedenfalls nicht. Geht man nun mit Gaule von der Voraussetzung aus, dass das mit reiner NaCl-Lösung ausgespülte Herz „vollkommen entblutet“ sei, so fehlt für die enorme Arbeit, die ein Herz unter diesen Bedingungen noch leistet, der Ersatz vollständig. So schliesst denn Gaule unter jener Voraussetzung durchaus consequent, dass unter der Einwirkung des Alkalis die Substanz der Muskelfaser selbst die erforderlichen Spannkräfte für die Arbeit hergebe; d. h. also, dass in diesem Falle durch die mit der Arbeitsleistung unzweifelhaft einhergehenden chemischen Umsetzungen die Muskelfaser sich selbst verzehre. Abgesehen nun von der Schwierigkeit der Frage, auf welchem Wege das Alkali diese Selbstzerstörung des Herzens einzuleiten im Stande sein soll, so wissen wir, dass die Voraussetzung der ganzen Deduction nicht zutrifft. Das mit reiner Kochsalzlösung ausgespülte und „beruhigte“ Herz ist nicht vollkommen „entblutet“. Weshalb sollen die in

[1] A. a. O. S. 149.

den mehr erwähnten capillaren Spalten noch befindlichen Blutreste nicht den geforderten Ersatz leisten können? Bei dieser Annahme ist nur eine Erklärung für die Thatsache erforderlich, von der wir immer ausgehen, dass das Alkali noch wirkt, wenn die reine Na Cl-Lösung versagt, d. h. es muss nachgewiesen werden, auf welchem Wege das Alkali diejenigen Blutreste für den Muskel noch assimilirbar macht, die derselbe bei blosser Kochsalzdurchspülung nicht mehr verwerthen kann.

Wir wissen, dass für ein rein mechanisches Auswaschen bei dem geringen Druck, unter dem wir arbeiten, um das Herz nicht zu gefährden, die grosse Herzhöhle selbst leicht zugängig ist, sehr schwer dagegen das Netz jener capillaren Spalträume. Gerade das in diesen befindliche Blut wird aber in besonders bevorzugter und lebhafter Weise in chemische Wechselwirkung mit der Muskelfaser treten, da es ja mit dieser in die innigste Berührung kommt. (Die Spalträume vertreten eben die Capillargefässe!) Ebenso werden auch die durch den Stoffwechsel des thätigen Muskels gebildeten Körper, speciell die Kohlensäure, zuerst in unseren Spalträumen sich anhäufen. Durch die nur mechanisch auswaschende reine Na Cl-Lösung ist nun die gebildete Kohlensäure wohl soweit fortzuschaffen, als sie in die kohlensäurefreie Herzkammerfüllung abdiffundirt. Gerade diejenigen Mengen aber, die sich in den Spalträumen anhäufen, sind mechanisch so gut wie unangreifbar. Und so hört das Kochsalzherz auf, zu schlagen, obgleich es noch Ernährungsmaterial besitzt; — es kann dasselbe nicht verwerthen, weil es durch die in den Spalträumen angehäufte CO_2 daran verhindert wird (Asphyxie). Das nunmehr eingeführte Alkali dringt durch chemische Affinität in die Spalträume ein. Es bindet die CO_2 und macht die Nährkörper frei. Dies wiederholt sich so lange, bis auch die letzten Reste des ursprünglich aus dem Blute stammenden Ernährungsmaterials verbraucht sind. Dann hat auch das Alkali seine Rolle ausgespielt. Das Herz ist wirklich scheintodt und durch keinerlei „anorganische Diät“ mehr zu retten. Bei dieser Erklärung haben wir auch erst ein Verständniss für das Ende des ganzen Processes gewonnen. Wenn das Alkali dadurch Contractionen zu Wege brächte, dass es chemische Umsetzungen in der Muskelsubstanz selbst hervorriefe, so wäre nicht recht einzusehen, weshalb eine derartige Einwirkung in einer für diese Annahme so unverhältnissmässig kurzen Zeit ein Ende hat. Bei unserer Annahme leuchtet das von selbst ein. Die Maschine arbeitet nicht mehr, weil die Kohle verbraucht ist. Ja, wir halten uns zu dem umgekehrten Schluss berechtigt. Wenn nach längerer Behandlung in der angegebenen Weise die Pulse zum Verschwinden klein geworden sind und eine erneute Durchspülung keine erneute Erhöhung derselben mehr zu Wege bringt, so sagen wir, dass die letzte assimilationsfähige Substanz verzehrt ist.

Mancherlei Einzelerfahrungen, die man nebenher bei den Ausspülungsversuchen zu machen Gelegenheit hat, lassen sich schliesslich noch zu Gunsten unserer ganzen Anschauungsweise anführen. So sieht man nicht selten ein Herz, dass man schon nahezu erschöpft glaubt, plötzlich und gewissermaassen wie ohne Veranlassung nach einer neuen Durchspülung unverhältnissmässig grosse Pulse aufzeichnen, die aber nicht lange vorhalten. Es macht dies ganz den Eindruck, als wenn plötzlich noch eine kleine bis dahin verschlossene Vorrathskammer geöffnet und ihr Inhalt der schon ziemlich erschöpften Muskelfaser preisgegeben würde. In der That ist es sehr natürlich, sich vorzustellen, dass gewisse tiefer liegende Spalträume plötzlich noch für das Alkali zugänglich werden, zu einer Zeit, wo das Herz im Uebrigen schon so gut wie erschöpft ist.

Als Zwischenbemerkung darf hier wohl einer auch von Nasse[1] hervorgehobenen sehr interessanten Thatsache Erwähnung geschehen, dass nämlich J. R. Mayer[2] schon im Jahre 1845 durch Berechnung des Stoffumsatzes eines angestrengt thätigen Mannes ganz allgemein zu dem Schlusse kam, dass der Muskel nur das Werkzeug sei, mittels dessen die Umwandlung der Kraft erzielt würde, aber nicht der zur Hervorbringung der Leistung umgesetzte Stoff. Nach seiner Berechnung würde nämlich die ganze Musculatur des Mannes, wenn sie den Stoff zur Krafterzeugung liefern sollte, in längstens 13 Wochen oxydirt werden (mit Zugrundelegung der heutigen viel geringeren Werthe für die Verbrennungswärme in weit kürzerer Zeit. Nasse). „Es steht aber“, sagt Mayer, „die Annahme einer raschen Umsetzung (Verbrennung und Neubildung) der normal thätigen Muskelfaser mit physiologischen Thatsachen und mikroskopischen Forschungen in offenbarem Widerspruche, und es beweisen also die gefundenen Zahlenwerthe von 13 Wochen zur Evidenz, dass ein erheblicher Theil des zur Leistung verbrauchten Brennstoffs von der Muskelfaser selbst nicht herrühren kann.“ — Diesen Anschauungen entsprechend, muss also, wenn theils durch die Ausspülung, theils durch die geleistete Arbeit der letzte Rest von Brennmaterial entfernt resp. verzehrt ist, der Herzmuskel als reine ungeheizte Maschine zurückbleiben; und diese Maschine muss, gerade weil die functionsfähige Substanz ihre Integrität bewahrt hat, sich wieder anheizen lassen. In der That fanden wir ausnahmslos, dass nicht nur, wie Kronecker festgestellt hatte, das durch NaCl-Lösung geschwächte, sondern auch das durch alkalische Flüssigkeit endgültig arbeitsunfähig gemachte (erschöpfte) Herz durch Speisung mit blutiger Kochsalzlösung oder mit

---

[1] Chemie und Stoffwechsel der Muskeln. Hermann's *Handbuch der Physiologie.* Bd. I. Th. I. S. 328.

[2] *Die Mechanik der Wärme.* 2. Aufl. S. 13.

Serum wiederbelebt und auf die Höhe seiner alten Leistungsfähigkeit gebracht werden kann. Aus dieser Thatsache folgt aber, dass das erschöpfte Herz die für die neue Arbeit erforderlichen Spannkräfte direct dem neu zugeführten Blute oder Serum entnimmt. Damit aber schien eine sichere Basis für die directe experimentelle Entscheidung der wichtigen Frage gegeben, welche organischen Stoffe der Herzmuskel unmittelbar zu assimiliren und in Arbeit umzusetzen vermag. Jede organische Substanz, der die Fähigkeit, das Herz zu ernähren, zugestanden werden soll, muss unter denselben Bedingungen dem Blut oder dem Serum äquivalent sein. Sie muss die Thätigkeit solcher Herzen wiederbeleben und unterhalten können, bei denen weitere Arbeit auf Kosten von rückständigen Blutresten ausgeschlossen werden kann. Und das ist unser „erschöpftes“ Herz.

Da nun Gaule von Peptonlösungen dieselbe Einwirkung auf das Herz gesehen hat, wie von blutiger Kochsalzlösung, so wurde zunächst eine solche unter den angegebenen Bedingungen angewandt. Unsere auf denselben Kochsalz- und Alkali-Gehalt wie die Durchspülungsflüssigkeit gebrachte Peptonlösung ergab jedoch ein vollkommen negatives Resultat. Das damit behandelte Herz blieb regunslos, während es nach Verdrängung der Peptonlösung durch Blut wieder zu pulsiren begann.

Wie erklärt sich dieser Widerspruch mit dem Resultate von Gaule? Dieser sagt ausdrücklich: „Das, was man beobachtet, wenn man einem erschöpften oder schwächlichen Herzen eine Spur von Pepton in alkalischer Kochsalzlösung zuführt, lässt sich nur mit der Wirkung des alkalischen Herzextractes oder der blutigen Kochsalzlösung vergleichen und ist nicht geringer als diese“ (a. a. O. S. 302). Aus der Schilderung der Gaule'schen Versuche geht hervor, dass bei denselben eben keine in unserem Sinne völlig „erschöpften“ Herzen benutzt sind. Spricht er doch von einem „frischen, nicht ermüdeten, aber durch Kochsalzlösung vollständig entbluteten und beruhigten Herzen“ (a. a. O. S. 294). Hiernach ergiebt sich die Annahme von selbst, dass bei den Versuchen Gaule's das Pepton völlig indifferent geblieben sei, während die beobachtete Steigerung der Herzthätigkeit auf Kosten von noch nicht ausgespülten Blutresten gesetzt werden müsse, die durch das Alkali in der beschriebenen Weise disponibel gemacht sind.

Jedenfalls lag in dem Ergebniss dieses Versuches für uns die Aufforderung, die in Frage kommenden organischen Körper überhaupt darauf hin zu untersuchen, ob sie für das erschöpfte Herz Blut oder Serum zu ersetzen im Stande sind. Zunächst galt es, die Versuche mit der Peptonlösung zu wiederholen, um zuerst über diese Gewissheit zu erlangen. Bei

Gelegenheit dieser Versuche nun gelang es, das Herz in einen Zustand zu versetzen, der nicht nur die Möglichkeit bot, definitiv die Frage zu entscheiden, ob das Herz auf Kosten der eigenen Substanz Arbeit leisten könne, oder nicht, sondern auch für die weiteren Ernährungsversuche am Herzen die endgültige und sichere Basis abgab.

Es wird nicht ohne Interesse sein, ausführlicher das Protocoll desjenigen Versuches mitzutheilen, der zur Auffindung besagten Zustandes die Veranlassung gab.

23. Juni 1881. Kräftiges Froschherz, in der Mitte der Vorhöfe auf die Canüle gebunden. Anfängliche Curvenhöhe 12 mm. Das Herz wird so lange mit reiner, dann mit alkalischer Na Cl-Lösung behandelt, bis nach der letzten Durchspülung die Curven verschwindend klein sind. Durchspülung und Füllung mit einer Peptonlösung von gleichem Na Cl- und Alkali-Gehalt, wie die letzte Durchspülungsflüssigkeit. Das Herz zeichnet eine kleine Reihe von sehr niedrigen, bald völlig verschwindenden Pulsen auf. Zweite Zufuhr von Peptonlösung. Das Herz bleibt auch auf starke elektrische Reize hin absolut bewegungslos. Dritte Durchspülung mit Peptonlösung. Derselbe Effect. Zum Beweis, dass das Herz überhaupt noch lebensfähig sei, wird die Peptonlösung durch defribinirtes Hundeblut ersetzt, von dem ein Theil mit zwei Theilen 0·6 $^0/_0$ Na Cl-Lösung gemischt ist. Nach $^1/_2$ Minute beginnt das Herz die ersten leisen, durch den Manometerschwimmer aufgezeichneten Contractionen zu machen. Bei wiederholter Speisung mit neuen Blutportionen werden die Pulse immer grösser. Nach etwa 20 Minuten haben die Contractionen nahezu dieselbe Hubhöhe wie zu Anfang erreicht. War unsere Annahme richtig, dass das Pepton für das Herz ganz indifferent sei, so musste unsere Lösung dieselbe Wirkung ausüben wie die Ausspülungsflüssigkeit. Das durch Blut neubelebte Herz musste durch Auswaschen mit der Peptonlösung wieder arbeitsunfähig gemacht werden können. Das gelang in der That, und zwar in sehr viel kürzerer Zeit, als zu erwarten stand. — Nach einmaligem Auswaschen des Herzens mit 3 Ccm Peptonlösung ist die Curvenhöhe auf 3 mm gesunken und mit der 20. Contraction zum Verschwinden klein geworden. Eine zweite Durchspülung von 2 Ccm hebt die Thätigkeit des vor einer Minute noch vollständig arbeitsfähigen Herzens ganz auf. — Dieser überraschend schnelle Abfall machte den Einwurf möglich, dass in unserer Peptonlösung ein schädliches Agens enthalten sein könne, welches die ernährenden Eigenschaften derselben so sehr überwiege, dass letztere nicht zur Geltung kommen könnten. In diesem Falle hätte das ganze Experiment keine Beweiskraft gehabt. Um diesen Einwand auszuschliessen, wird das Herz zum zweiten Mal mit Blut restaurirt. Dies gelingt in sehr kurzer Zeit. Nun-

mehr mit indifferenter Na Cl-Lösung ausgewaschen, ist das Herz ebenfalls nach wenigen Contractionen völlig scheintodt.

Dieser Versuch ist zunächst ein sicherer Beweis dafür, dass wenigstens die angewandte Peptonlösung keinerlei ernährende Eigenschaften für das Froschherz besass. Mehr noch aber, wie dieser bereits erwartete Befund erregte der nebenbei beobachtete, so auffallend schnelle Wechsel zwischen Arbeitsfähigkeit und Scheintod unsere Aufmerksamkeit. Es fragte sich, ob ein derartiger Zustand auch bei anderen Herzen constant sich herstellen lasse. Zahlreiche nach dieser Richtung hin angestellte Versuche nun haben ergeben, dass dies in der That der Fall ist.

> Ein durch reine und alkalische Kochsalzlösung in der mehrbesprochenen Weise vollkommen erschöpftes Herz erlangt durch Speisung mit Blut oder Serum seine ursprüngliche Arbeitsfähigkeit zurück. Die Zeit, die zur Wiederbelebung erforderlich ist, schwankt bei verschiedenen Herzen und kann unter Umständen bis zu einer halben Stunde betragen. Ist ein Herz aber erst in den thätigen Zustand zurückversetzt, so gelingt es nunmehr schnell, durch Auswaschen mit reiner Kochsalzlösung den Scheintod wieder herbeizuführen. Wenn man unter diesen Umständen fortfährt, abwechselnd das Herz auszuwaschen und mit Ernährungsblut zu speisen, so erreicht man bald einen Zustand, in dem eine Spur Blut genügt, das scheintodte Herz sofort zu beleben, indessen darauf wenige Contractionen während der Durchspülung mit reiner Kochsalzlösung hinreichend sind, das neubelebte Herz wieder vollkommen arbeitsunfähig zu machen.

Selbstverständlich kann an Stelle der Kochsalzlösung als Durchspülungsflüssigkeit auch jede andere treten, wenn sie nur der Muskelfaser gegenüber sich gleich indifferent verhält, wie erstere. In dem als typischer Fall schnellen Wechsels zwischen völliger Erschöpfung und Ernährung auf der beigegebenen Tafel (XIX) im Facsimile wiedergegebenen Beispiel ist an Stelle der 0·6 % Na Cl-Lösung eine 1 % Glykogenlösung von normalem Kochsalzgehalt angewandt.

In diesem schnellen Wechsel nun zwischen absoluter Arbeitsunfähigkeit und wieder hergestellter Arbeitskraft, der die unmittelbare Folge ist des schnellen Wechsels zwischen Nahrungsentziehung und Nahrungszufuhr, sehen wir den durchschlagenden und augenfälligen Beweis für die Richtigkeit unserer schon entwickelten Anschauung, dass das Herz niemals auf Kosten der eigenen Substanz Arbeit leisten könne. Selbstverständlich muss auch nach dieser Auffassung der chemische Umsetzungsprocess, der mit der Muskelthätigkeit einhergeht, in der Faser selbst ablaufen. Aber die

Continuität dieses Vorganges ist an die continuirliche Zufuhr von Ersatzmaterial gebunden. Der Muskel kann nur so lange functioniren, als ihm die Möglichkeit geboten ist, die zur Arbeit nöthigen Spannkräfte während und gleichzeitig mit der Thätigkeit einer ihn umspülenden Ernährungsflüssigkeit zu entnehmen.

Dass bei dem erschöpften und durch Blut wiederbelebten Herzen das Auswaschen des neu zugeführten Nährmaterials so ausserordentlich viel schneller vor sich geht, als beim frischen Muskel, beruht offenbar darauf, dass bei dem ersteren die für das Ausspülen so schwer zugänglichen Vorrathskammern der capillaren Spalträume sich noch nicht wieder genügend füllen konnten. Bei dem höchsten erreichbaren Grade schnellen Wechsels, wie ihn das typische Beispiel auf der beigegebenen Tafel zeigt, stellen wir uns vor, dass die gefüllten Spalträume offen bleiben. Je länger man das neu zugeführte Blut mit dem erschöpften Herzen in Berührung lässt, ehe man es wieder auszuwaschen sucht, um so mehr Zeit wird erfordert, um den Scheintod von neuem herbeizuführen. Dann schliessen sich wohl die Spalträume tonisch und das Nährmaterial wird festgehalten.

Um sich den Vorgang unter einem Bilde vorzustellen, kann man sagen, dass das eben ausgeschnittene, frische und kräftige Froschherz einem Capitalisten gleicht der in seinen aufgespeicherten Schätzen Lebensunterhalt besitzt für lange Zeit. Das ausgespülte und durch die Einwirkung des Alkalis der letzten Reste seines Ernährungsblutes beraubte Herz dagegen ist zum Proletarier herabgesunken, der aus der Hand in den Mund lebt. —

So lange das Herz in dem natürlichen Kreislauf des lebenden Frosches eingeschaltet bleibt, ist ein derartiger Zustand, wie wir ihm mit „Erschöpfung“ bezeichnen, für dasselbe natürlich unmöglich. Dass wir aber diesen äussersten Grenzfall völliger Nahrungsentziehung durch die künstlichen Bedingungen des Experiments willkürlich herbeiführen können, ohne die Integrität und Lebensfähigkeit der Muskelfaser selbst zu gefährden, gewährt uns neben der theoretischen Aufklärung über manche dunkle Punkte der Herzfunction noch die ausserordentlich wichtige praktische Möglichkeit, das eigentliche Ziel unserer Untersuchung direct experimentell in Angriff zu nehmen, nämlich diejenigen organischen Körper zu bestimmen, welche der Herzmuskel unmittelbar assimiliren kann, um deren Spannkräfte in Arbeit umzusetzen.

Ehe wir jedoch an die Schilderung dieser Versuche und ihrer Resultate selbst gehen, werden noch einige Bemerkungen über Erschöpfung und Scheintod des Herzmuskels zur völligen Klarlegung unserer Anschauungen nicht überflüssig sein.

Zunächst ist mit Absicht der an sich nahe liegende Terminus „Ermüdung“ vermieden worden, und zwar wegen seines schwankenden Charakters, aus dem sich dieser Begriff bei seiner Anwendung in der Muskel-

physiologie noch nicht herauszuarbeiten vermocht hat. Wenn Hermann in dem Abschnitt: „*Allgemeine Muskelphysik*“ seines grossen Handbuches der Physiologie[1] es „gerathen und im Grunde auch gebräuchlich“ nennt, „als Ermüdung überhaupt die durch die Muskelthätigkeit hervorgebrachten relativ dauernden functionellen Veränderungen des Muskels zu bezeichnen,“ so passt diese an sich klare Definition deswegen nicht auf unseren Fall, weil sie zu allgemein ist. Was wir „Erschöpfung“ nennen, ist eben eine der vielen möglichen Ursachen „relativ dauernder functioneller Veränderung des Muskels,“ nämlich völlige Nahrungsentziehung. Wo aber die Definitionen der Ermüdung weniger allgemein gehalten sind, da haben sie meist die Nebenbedeutung herabgesetzter Erregbarkeit. In seinem „*Grundriss der Physiologie*“ braucht Hermann diesen Terminus sogar ausschliesslich in dem angegebenen Sinne. Er sagt:[2] „Die Erregbarkeit des Muskels ist nicht immer gleich gross.“ — „Durch vorausgegangene angestrengte Thätigkeit wird sie auf einige Zeit herabgesetzt. Diese Herabsetzung nennt man Ermüdung.“ Damit hat aber, wie wir gesehen haben, die Functionsänderung des Herzmuskels in unserem Falle ausdrücklich nichts zu thun. Nicht deswegen nehmen die Pulse allmählich bis zum Verschwinden ab, weil die Muskelfaser unerregbar würde, sondern weil ihr nach und nach die zur Arbeit erforderlichen Nährstoffe entzogen werden. —

Wichtig endlich für die Beurtheilung jenes Zustandes, den wir Erschöpfung nennen, ist die Beobachtung, dass ein Herz verhältnissmässig sehr lange Zeit in demselben regungslos verharren kann, ohne seine Lebensfähigkeit einzubüssen. In mittlerer Sommertemperatur habe ich ein mit Na Cl-Lösung gefülltes und davon umgebenes, völlig erschöpftes Herz noch nach sieben Stunden durch Zufuhr von blutiger Kochsalzlösung wiederbelebt. Es ist zu vermuthen, dass es gelingen wird, ein solches Herz in der Kälte noch sehr viel länger lebensfähig zu erhalten. Aber selbstverständlich hat das seine Grenze. Denn wenn auch nach unserer Vorstellung in der erschöpften Musculatur die reine Maschine zurückgeblieben ist, so besteht dieselbe doch aus organisirtem Material, welches auch bei völliger Erschöpfung, also im Zustande gänzlicher Aufhebung der specifischen Function (der äusseren Arbeitsleistung) bis zum Eintritt des wirklichen Todes nicht ohne einen Rest von Stoffverbrauch bestehen kann. Denn es handelt sich um einen typischen Fall der vita minima, von der Virchow[3] sagt, dass namentlich bei thierischen Gebilden die Möglichkeit, das Leben in diesem minimen Zustande fortzusetzen, an eine gewisse relativ kurze Zeit gebunden ist, und

---

[1] Bd. I. Theil I. S. 115.

[2] A. a. O. S. 232.

[3] Virchow, *Gesammelte Abhandlungen zur wissenschaftlichen Medicin.* Frankfurt a. M. 1856. S. 29.

dass, wenn innerhalb dieser Zeit nicht eine Wiederbelebung statt findet, der wirkliche Tod erfolgt. „Dies kann aber nur darauf beruhen, dass immer noch ein gewisses Maass von Stoffwechsel, von innerer Bewegung vorhanden ist, und dass, wenn das für die Unterhaltung dieser Bewegung genügende Material verbraucht ist, das vollständige Absterben unvermeidlich ist.“ Nur fragt es sich noch, wo denn das Material für die Unterhaltung des Stoffumsatzes während der vita minima herkommt. Sind wir gezwungen, den beim functionsfähigen Muskel von uns bestrittenen Verbrauch der eigenen Substanz nunmehr beim erschöpften zuzulassen? Wohl kaum. Denn wenn das Nährmaterial auch nicht mehr hinreicht, um merkliche Spuren äusserer Arbeit zu ermöglichen, so kann wohl noch lange Zeit so viel übrig bleiben, als zum Ersatz des vom lebenden Muskel auch in der Ruhe Verbrauchten nöthig ist. Dagegen soll keineswegs bestritten werden, dass mit der Arbeit neben dem Verbrauch von Nährmaterial eine beständige zehrende Zersetzung des Muskelgewebes selbst (Abnützung der Maschinentheile) einhergeht; nur dass das zur Compensation derselben erforderliche Baumaterial durchaus nicht ohne Weiteres mit dem Arbeitsmaterial identificirt werden darf. Durch eine derartige zehrende Zersetzung ist auch das schliessliche Absterben des Muskels zu erklären, eine Anschauung, die in der Hermann'schen[1] Annahme ihre Stütze findet, dass die beim ruhenden Muskel von E. du Bois-Reymond, G. von Liebig, Valentin, Matteucci und ihm selbst constatirte Kohlensäureabgabe[2] wesentlich auf Zersetzungsprocesse zu beziehen sei, die auf der Oberfläche des absterbenden Muskels sich entwickeln. —

Wenn ich nunmehr zu den am erschöpften Herzen angestellten Ernährungsversuchen übergehe, so werde ich mich verhältnissmässig kurz fassen können. Es wird sich im Wesentlichen nur um die Mittheilung der gefundenen Resultate handeln, da die Methode der Untersuchung aus der bisherigen Darstellung sich von selbst ergiebt und in allen einzelnen Fällen dieselbe blieb.

Nachdem das Versuchsherz völlig erschöpft war (wozu im Durchschnitt $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden Zeit erforderlich ist) wurde es mit der zu untersuchenden Nährflüssigkeit durchspült und gefüllt. Zeigte sich keine Spur von Wiederbelebung, so wurde zur Controle, ob das Herz nicht etwa bereits dauernd seine Functionsfähigkeit eingebüsst habe, die Versuchsflüssigkeit durch Blut oder Serum verdrängt und das Herz wieder belebt. Hatte nun die Versuchsflüssigkeit keine ernährenden, aber auch keinerlei für die Organisation schädliche Eigenschaften

---

[1] S. Hermann, *Untersuchungen über den Stoffwechsel der Muskeln.* Berlin 1867.

[2] Vergl. Nasse, Chemie und Stoffwechsel der Muskeln. Hermann's *Handbuch der Physiologie.* Bd. I. Theil I. S. 310.

(natürlich können nur solche Flüssigkeiten zum Versuch verwendet werden), so mussten sie ebenso wirken, wie die indifferente Na Cl-Lösung. Das durch Blut oder Serum neubelebte Herz musste durch Auswaschen mit der Versuchsflüssigkeit wieder in den Scheintod zu versetzen sein. Als überzeugender Fall diene der auf der beigegebenen Tafel reproducirte und bereits als typisches Beispiel für den schnellen Wechsel zwischen Erschöpfung und Ernährung angezogene Gykogenversuch. Derselbe beweist zugleich, dass bei den fehlerfreien Versuchen die Antwort stets eine entscheidende war. Die untersuchte Flüssigkeit war entweder dem Blute im Ganzen und Grossen gleichwerthig, oder sie ergab ein absolut negatives Resultat. Darin, dass wir nicht mit Relationen zwischen Grössen etwa geleisteter Arbeit zu rechnen hatten, liegt die überzeugende Beweiskraft unserer Versuche.

Als absolut sicheres, nie versagendes Nährmatertal erwiesen sich, wie schon mehrfach erwähnt ist, defibrinirtes Blut und Serum. Das erstere wirkte am günstigsten mit 2 Theilen $0 \cdot 6\,^0/_0$ Na Cl-Lösung vermischt (M'Guire[1]), Blut und Serum stammten bei unseren Versuchen ausnahmslos von Hund und Kaninchen. Das Serum behält auch diffundirt seine ernährenden Eigenschaften; doch muss es vor dem Gebrauche natürlich auf den nothwendigen Kochsalzgehalt gebracht werden.

Auch die aus dem Ductus thoracicus des Hundes gewonnene Lymphe erwies sich als dem Blute, bez. dem Serum, in Betreff des Ernährungseffectes vollkommen gleichwerthig. Unentschieden bleibt dabei noch, welchem Bestandtheile derselben der Nährwerth zuzuschreiben ist.

Von künstlichen Lösungen derjenigen organischen Körper, bei welchen man ernährende Eigenschaften vermuthen konnte, wurde zunächst als ein Kohlehydrat das Glykogen[2] untersucht. Wie schon erwähnt ist und unsere Tafel zeigt, ergab dasselbe ein vollkommen negatives Resultat.

Viel eher waren von Eiweisslösungen günstige Ergebnisse zu erwarten. Die experimentelle Schwierigkeit der zahlreichen nach dieser Richtung hin angestellten Versuche lag in der Darstellung der Nährflüssigkeiten, da es darauf ankam, die zur Untersuchung verwendeten Lösungen sämmtlich auf den der Gaule'schen Flüssigkeit entsprechenden Alkali- und Kochsalzgehalt zu bringen.

Vor Anwendung der Lösungen wurde stets durch die Xanthoproteïnreaction das Vorhandensein einer genügenden Menge von Eiweiss nachgewiesen. Untersucht wurden: Pepton, und zwar sowohl käufliches, wie solches, das durch künstliche Pepsinverdauung aus Fibrin direct gewonnen

---

[1] *Dies Archiv* 1878. S. 321.

[2] Vergl. O. Nasse, *Zur Anatomie und Physiologie der quergestreiften Muskelsubstanz.* Leipzig 1882. S. 82.

war, ferner Syntonin, Eiereiweiss, Casein der Milch und das nach Kühne's Vorschrift dargestellte Myosin. Keine dieser Eiweisslösungen zeigte auch nur eine Spur von ernährenden Eigenschaften. Der damit behandelte erschöpfte Herzmuskel blieb (natürlich auch bei Anwendung der stärksten Reize) vollkommen regungslos, während er in jedem einzelnen Falle nach Verdrängung der künstlichen Lösung durch Blut oder Serum wieder zur Schlagfähigkeit oder spontanen Pulsation erwachte.

Ohne für jetzt an diese wie uns scheint bemerkenswerthen und darum weiter zu verfolgenden Ergebnisse naheliegende Reflexionen anzuknüpfen, fassen wir dieselben kurz in folgende Sätze zusammen:

1) Der Herzmuskel des Frosches kann niemals auf Kosten seiner eigenen Substanz Arbeit leisten. Er entnimmt die zu derselben nöthigen Spannkräfte der ihn speisenden Ernährungsflüssigkeit und stellt — unabhängig von den Reizen — seine Thätigkeit ein, sobald ihm das Nährmaterial entzogen wird.

2) Nur den serumalbuminhaltigen Flüssigkeiten (Blut, Serum, Lymphe) eignet, soweit bis jetzt unsere Erfahrungen reichen, die Fähigkeit, das Herz zu ernähren d. h. zur Arbeit zu befähigen.

Es ist wohl gerechtfertigt, die am Herzmuskel bewährten Anschauungen auf alle Muskeln zu übertragen. Damit wäre ein weiter Ausblick gewonnen.

Erläuterungen zur Tafel XIX.

Die facsimilirten Curven sind von rechts nach links und von unten nach oben zu lesen. Der Zeitschreiber markirt Secunden. Am Anfang des Versuches ist das Herz mit 0·6 % Na Cl-Lösung ausgespült und angefüllt.

c. Erneute Durchspülung mit Na Cl-Lösung. Nach Beendigung derselben Stillstand des Herzens.

a. c. Durchspülung mit alkalischer Kochsalzlösung. Dieselbe wird acht Mal (durch *a. c* bezeichnet) wiederholt, bis das Herz, auch durch mechanische oder elektrische Reize nicht mehr zur Contraction zu bringen ist. Diese Stelle der Curve ist durch ein + in dem siebenten Linienpaar von unten bezeichnzt. Die kleinen Striche oberhalb der Linie bedeuten elektrische Reize.

Ser. Wiederbelebung des Herzens durch Blutserum.

Glykog. Erschöpfende Ausspülung desselben mit Glykogenlösung. Die plethysmographische (obere) Curve lässt erkennen, dass mit sieben Contractionen die vollkommene Ausspülung vollendet ist.

R. elektrische Reize bleiben wirkungslos.

Ser. Wiederbelebung durch Serum.

Bis zu Ende der Curve mehrfache Wiederholung desselben schnellen Wechsels zwischen Thätigkeit (Zustand der Ernährung) nach Serumzufuhr und völliger Arbeitsunfähigkeit (Zustand vollkommener Nahrungsentziehung) nach Erschöpfung mit einer indifferenten Spülflüssigkeit (in diesem Falle Glykogenlösung).

Man. aus. Manometer ausgeschaltet. Plethysmograph schreibt allein.

Zusatz zu vorstehender Arbeit.

Von

H. Kronecker.

Wie Hr. H. Aubert seine Darstellung von der Erschöpfung des Froschherzens in Hermann's *Handbuch der Physiologie* aufrecht erhalten will.

Hr. Dr. Martius hat in vorstehender Abhandlung S. 546 den von mir und Stirling gemachten Fortschritt in der Erkenntniss der Herzbewegung unbeirrt von Hrn. Aubert's Einwendungen dargestellt. Zur Rechtfertigung dieses Standpunktes mögen folgende Bemerkungen dienen.

Hrn. Aubert's Darstellung der Frage in seiner Innervation der Kreislaufsorgane" hat Hr. M'Gregor Robertson (*Verhandl. d. physiol. Ges. zu Berlin* 11. III. 81.) auf meine Bitte folgendermaassen citirt:

„Wird die Herzspitze (?) mit einer 0·6 procentigen (!) Kochsalzlösung gefüllt und in ein Bad derselben Flüssigkeit eingetaucht, so nehmen die Zusammenziehungen des Herzens bald an Umfang ab (?) und auch (?) nach wiederholter Erneuerung der Kochsalzlösung tritt endlich ein Zustand der Erschöpfung ein, in welchem gar keine Spur von Contractionen mehr auslöst. Diese Wirkung 1 procentiger (!) Kochsalzlösung hat schon Vulpian beobachtet."

Diesem Satze hatten wir einige Bemerkungen vorausgeschickt, damit der Leser über die Entwickelung des Gegenstandes orientirt, unsere Ausruf- und Fragezeichen verstehen könne.

Weil die Darstellung in einem Lehrbuche dauernder als in einer Specialabhandlung die Anschauung grösserer Fachkreise beeinflusst, so versuchten wir einen Irrthum zu berichtigen, welcher die Priorität einer wichtigen von mir mit Stirling gemachten Beobachtung Vulpian zuwies, obwohl dieser selbst sie niemals beansprucht hat.

Weshalb Hr. Aubert auch nach unserer Auseinandersetzung seine irrthümliche Darstellung (in seiner „Entgegnung an H. Kronecker" in Pflüger's *Archiv* Bd. 25, S. 190) aufrecht zu halten versucht, ist mir unverständlich.

Zuvörderst rechtfertigt Hr. Aubert seine Angaben damit, dass er nicht unsere Sätze, sondern die in Merunowicz's (späterer) Arbeit enthaltenen wiedergegeben habe. An anderen Stellen seines Lehrbuches citirt er minder wichtige Resultate aus unserer Arbeit „Das charakteristische Merkmal der Herzmuskelbewegung" (*Beiträge zur Anatomie und Physiologie.* Festgabe für C. Ludwig. 1874). Wir durften daher wohl voraussetzen, dass er auch das Hauptergebniss dieser Arbeit nach dem Originale habe citiren wollen.

Hr. Aubert hat aber, wie sich aus dem Citat in seiner Entgegnung ergiebt, auch die Angaben in der Arbeit von Merunowicz missverstanden. Merunowicz hat nicht gesehen, dass, wenn „die Herzspitze mit 0·6 procentiger Kochsalzlösung gefüllt und in ein Bad derselben Flüssigkeit eingetaucht wird, die Zusammenziehungen des Herzens bald an Umfang abnehmen", — denn von so behandelten Herzen hat ja Bowditch seine langen Ermüdungsreihen schreiben lassen, — sondern Merunowicz führte zuvor „durch die Spitze (des Herzens) so lange die Kochsalzlösung, bis sie vollkommen wasserklar aus derselben abfloss" (angeführt in Hrn. Aubert's *Entgegnung* an H. Kronecker). Dadurch sei unser zweites Fragezeichen motivirt.

Hr. Aubert fährt in seinem soeben angeführten Satze fort: „und auch nach wiederholter Erneuerung des Kochsalzes tritt endlich ein Zustand der Erschöpfung ein." . . . — Jeder Belehrung suchende Leser wird bei diesem „auch" stutzen, nachdem er soeben gelesen hat, dass die Kochsalzlösung den Umfang der Herzpulse verkleinere. Warum sollte man denken, dass eine wiederholte Durchspülung etwas Anderes thue?

Jetzt freilich erklärt Hr. Aubert sein „auch" durch das Citat der Arbeit von Merunowicz. Jetzt merkt der sachverständige Leser, dass zwischen den Zeilen eine ganze Auseinandersetzung von Merunowicz zu denken ist darüber, wie die frequenten Pulse schnell sinken, wie sie wieder wachsen, wenn sie seltener werden (in Folge längerer Erholungspausen), wie sie nicht mehr durch Ruhe zu vergrössern sind, wenn das Herz durch lange Pulsreihen stark erschöpft ist, dass nunmehr nur Erneuerung des Nährstoffes die Leistung wieder steigern kann, dass dies, ganz vorübergehend, auch möglich ist durch Zufuhr von indifferenten Transfusionsflüssigkeiten (vermuthlich weil hierdurch der mit Kohlensäure beladenene Rest der Nährflüssigkeiten in den Herztrabekeln durch Gasaustausch wieder verwendbar wird, bevor die folgende Spülung ihn verdünnt).

Diese complicirten Verhältnisse muss der Leser übersehen, um das

„auch“ zu verstehen. Es war daher ganz gut, dass Hr. Aubert, welcher „keine Veranlassung findet, ein Wort von seiner Darstellung zurückzunehmen“, hier eine Druckseite aus der Arbeit von Merunowicz erklärend zugesetzt hat.

Ferner versucht Hr. Aubert seine Angabe zu halten, dass die Wirkung, welche Vulpian von seiner 1 procentigen Kochsalzlösung beobachtet hat, identisch sei mit derjenigen, welche Stirling und ich durch Ausspülung mit 0·6 % procentiger Kochsalzlösung gefunden haben.

Es ist in der Mittheilung des Hrn. M'Gregor-Robertson die Ueberschrift der Arbeit von Vulpian angeführt, aus der schon klar erhellt, „dass Vulpian selbst nichts Anderes hat zeigen wollen, als dass 1 procentige Kochsalzlösung wegen ihrer Concentration schädlich wirke, und, wie er weiter ausführt, das Herz in einen abnormen Reizzustand versetzt aus dem es durch zeitweise Wirkung an destillirtem Wasser wieder befreit werden kann.“

Wiederum citirt Hr. Aubert dagegen nicht die Angaben des Autors Vulpian sondern das Referat in Meissner's Jahresbericht (1859. S. 530), wo als Ergebniss von Vulpian's Arbeit angegeben sei, „dass Froschherzen in Salzwasser von etwa 1 % getaucht, ihre Pulsation nach und nach einstellen und auch unerregbar für künstliche Reize werden.“ Warum bricht aber Hr. Aubert hier das Citat des Berichtes von Meissner ab? Dieser fährt ja, den Sinn der Vulpian'schen Mittheilung recht gut erschöpfend, fort: „dann aber in reines Wasser getaucht wieder zu schlagen beginnen und ihre Reizbarkeit wieder gewinnen. . . . . Das Aufhören der Herzbewegung in Salzwasser erklärt sich der Verfasser aus der Reizung der Vagusenden durch das Kochsalz.“

Und hieraus sollte man nicht den Schluss ziehen, dass die 1 procentige Kochsalzlösung wegen ihrer Concentration schädlich auf das Herz gewirkt hat?

Den schwersten Vorwurf erhebt schliesslich Hr. Aubert darum gegen mich, weil ich Kölliker's Angabe mit Vulpian's Beobachtungen habe parallelisiren können, während der erstere Forscher in NaCl-Lösung von 1 Procent fand, dass das Flimmern der Froschzunge in lebendigster Action sei, während erst 5 procentige Lösung die Bewegung aufhebe.

Also wenn ein Forscher findet, dass 1 procentige Lösungen günstiger wirken als 5 procentige und ein späterer findet, dass man die Verdünnung mit Vortheil noch weiter treiben könne, so sind das widersprechende Erfahrungen?

Kölliker hat das grosse Verdienst, zuerst (1856) darauf hingewiesen zu haben, dass die durch concentrirtere Kochsalzlösungen aufgehobene Flimmerbewegung durch Verdünnen der Lösung wieder erweckt wird.

Engelmann hat dies Verdienst Kölliker's hervorgehoben, obwohl er in seiner Monographie über die Flimmerbewegung (1868, S. 29) durch detaillirtere Versuche nachwies, dass „schon eine geringe Steigerung des Salzgehaltes über 0·6 Procent genügt, um die Bewegung beträchtlich abzuschwächen, dass in Lösungen von 1 Procent beispielsweise sich die Bewegung innerhalb der ersten Minuten bedeutend verlangsamt, sich dann aber oft Stunden lang auf niedriger, sehr langsam abnehmender Höhe hält, und dass man sogar noch in Lösungen von 5 Procent Salzgehalt eine Anzahl Flimmerhaare findet, welche ihre Bewegungen, wenn auch (nur äusserst) schwach und langsam, noch einige Zeit, zuweilen eine halbe Stunde und länger fortsetzen."

O. Nasse zeigte dann (1869. Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. II. S. 118), dass auch für Froschmuskeln 0·6 procentige Kochsalzlösung eine möglichst unschädliche Infusionsflüssigkeit sei.

Durch unschädliche Flüssigkeiten völlig ausgewaschene Muskeln sind „erschöpfte".

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrgang 1881—82.

XXI. Sitzung am 28. Juli 1882.[1]

1. Hr. Saltet las (als Gast) eine Mittheilung: „Ueber die Ursachen der Ermüdung des Froschherzens“, welche ausführlich in *diesem Archiv* veröffentlicht werden wird. Die Versuche sind in der speciell physiologischen Abtheilung des physiologischen Instituts der Universität unter Leitung von Hrn. H. Kronecker angestellt worden.

Um das Herz leistungsfähig zu erhalten, ist nach den Versuchen von Hrn. Martius allein Serumalbumin geeignet. Weil dieses frisch nicht immer, besonders im Sommer nicht, in genügender Menge und Reinheit zu erhalten ist, habe ich dasselbe in getrocknetem Zustande conservirt, und wieder gelöst angewendet.

Hr. Haeffner, Besitzer der hiesigen Albuminfabrik im Central-Viehhof, hat uns mit grosser Liberalität frisches Pferdeblut in beliebiger Quantität überlassen. Ebenso hat Hr. Commerzienrath Egells in der zuvorkommendsten Weise unsere Arbeit gefördert, indem er zum aseptischen Abdampfen des Serum eine Luftpumpe im „Internationalen Vacuum-Eismaschinen-Verein,“ unter Leitung des Hrn. Ingenieur Pfennig zur Verfügung gestellt hat. Diesen Herren möchte ich schon an dieser Stelle meinen besten Dank sagen.

Die bisher gefundenen wesentlichen Resultate sind folgende:

Das mit gänzlich asphyktischem Blut oder Serum gefüllte Herz, welches bekanntlich leistungsunfähig ist, kann sich durch Ruhe nicht erholen, wenn man nicht der CO^2 einen Abfluss verschafft.

Wenn die CO^2-Spannung auch nur etwas sich mindert, so wird die Erholung sehr merklich.

Um die CO_2 zu entfernen, ist es nicht nothwendig, den Inhalt des Herzens zu erneuern (durch Transfusion) oder CO^2 auszupumpen, sondern es kann durch die Wandung des Herzens in das umgebende Medium „das

---

[1] Ausgegeben am 21. August 1882.

Bad" unter günstigen Verhältnissen schnell das schädliche Gas abdiffundiren. Daher ist die Beschaffenheit des Bades von wesentlichem Einfluss auf die Leistung des Herzens.

Im Oelbade, welches keine merklichen Mengen CO^2 aufnimmt, erholt sich das asphyktische Herz nicht.

Ebenso verhindert ein mit CO^2 gesättigtes Bad 0·6 procentiger Kochsalzlösung die Wiederherstellung, unter Umständen selbst dauernd. Dieses Bad wirkt sogar schädlich auf ein mit guter Nährflüssigkeit gefülltes Herz.

Ein Bad von schwach alkalischer physiologischer Kochsalzlösung erholt zuweilen schneller als ein neutrales.

Serum und Blut wirken ebenfalls günstig als Badeflüssigkeiten, sofern sie viel CO^2 aus dem Herzen aufnehmen. Das Blut im Bade wird dann natürlich venös.

Ebenso wie die dem Herzen von aussen her zugeführte CO^2 kann auch die von ihm gebildete Säure die Leistungsfähigkeit beschränken oder aufheben.

Auch in diesem Falle kann man die Ermüdung durch Wegschaffen der CO^2 aufheben.

Bei einem im Oelbade ermüdeten Herzen wirkte in einem Versuch das Kochsalzbad fast vollkommen erholend (die anfängliche Pulshöhe wurde beinahe wieder erreicht). Andere Versuche in dieser Richtung gaben keine positive oder doch nur wenig prägnante Resultate, was vielleicht dem zuzuschreiben ist, dass die warme Witterung die Thiere weniger widerstandsfähig gemacht hatte. Auch kleine Kohlensäuremengen in das Herz gebracht, während es sich im Oelbade befand, störten bei den späteren Versuchen die Function erheblich, während früher wie oben erwähnt nur Erstickungsblut oder Serum stark ermüdet.

Diesen Versuchen zufolge kann das Herz von aussen respirirt werden, und es ist demzufolge die Ermüdung wesentlich identisch mit der Asphyxei. Derjenige Rest der Ermüdung, welcher nicht durch Wegschaffen der CO^2 aufzuheben ist, ist dem Absterben der Muskelsubstanz (Starre) zuzuschreiben.

2. Hr. Joseph Denys (a. G.) verlas eine Mittheilung: „De l'influence du repos et des transfusions sur les courbes musculaires," enthaltend die Resultate von Versuchen, welche er unter Leitung von Hrn. H. Kronecker in der speciell physiologischen Abtheilung des physiologischen Instituts der Universität angestellt hat.

3. Hr. Kronecker las eine Mittheilung von Hrn. N. Wedenskii: „Die negativen Schwankungen des Muskelstroms mittels des Telephons untersucht.

Es werden die Ergebnisse telephonischer Versuche vorgetragen, welche Hr. Wedenskii an Fröschen, Kaninchen, Hunden und Menschen in der speciell physiologischen Abtheilung des physiologischen Instituts der Universität angestellt hat. Ausführlich werden dieselben nächstens in *diesem Archiv* veröffentlicht werden.

4. Hr. N. Zuntz überreicht dem Schriftführer folgende Bemerkungen zu der in Nr. 16 der Verhandlungen abgedruckten „Entgegnung" des Hrn. Professor W. Winternitz.

Hr. Winternitz hat offenbar die Tragweite der Fehler, welche er in seinen Untersuchungen über die Bedeutung der Hautfunction für die Körpertemperatur und Wärmeregulation begangen hat, auch jetzt noch nicht erkannt. Als Antwort auf meine Bemerkung: „Er setzt die Wärmecapacität der Luft **700 Mal** grösser als sie wirklich ist, indem er annimmt, dass die 50 ^{Ccm} Luft seines Calorimeters soviel Wärme aufnehmen, wie dies 50 ^{grm} thun", sagt er folgendes: Wenn Zuntz an meiner Berechnungsmethode die eingeführte Grösse der Wärmecapacität der Luft bemängelt (!), so muss er in dieser Beziehung mit den Physikern, die diesen approximativen Mittelwerth festgestellt, rechten.

Nichts liegt mir ferner als die auf diesem, so genau von besten Forschern bearbeiteten Gebiete, gefundenen Constanten nicht als Grundlage für physiologische Studien anerkennen zu wollen.

Hätte Hr. Winternitz nur, ehe er diese Zahlen zur Berechnung der an sein „Calorimeter" abgegebenen Wärmemengen benutzte, auch in dem Handbuche der Physik, welchem er sie entnommen hat, ihre Definition nachgelesen! Ich könnte ihn zu diesem Behufe auf die mir gerade vorliegende von Pfaundler bearbeitete achte Auflage von Müller-Pouillet, Bd. II, Abth. 2, S. 273, verweisen, doch möchte der folgende Passus aus Brettner's kurzem Schulbuch der Physik noch leichter verständlich sein. „Die Wärmecapacität der Luft ist etwa 0·25, weil die Wärme, welche ein **Pfund** Wasser von 0—80 ^{0} R. erwärmt, auch vier **Pfund** Luft von 0—80 ^{0} R. erwärmt." Wir wollen nun Hrn. Winternitz gerne die kleine Licenz gestatten, dass er statt der Wärmemenge, welche ein Kilo Wasser um einen Centigrad erwärmt, auch diejenige, welche diese Wirkung auf ein Liter Wasser übt eine Calorie nennt, können ihm dann aber nicht folgen, wenn er weitergehend auch ein Liter Luft mit einem Kilo Luft identificirt und das thut er, wie folgendes Rechenbeispiel zeigt, welches sich nicht nur in der ursprünglichen Abhandlung findet, sondern auch in seiner „Hydrotherapie", Bd. II, Th. 3, des von Ziemssen'schen Handbuchs der allgemeinen Therapie S. 130 nochmals in extenso wiedergegeben ist: „Nach Verdrängung des Blutes und Beschränkung der Blutzufuhr wurden von einer Hautfläche von 15 $^{\square Cm}$ — so gross ist die Grundfläche des Calorimeters — in 10 Minuten 50 ^{Cc} Luft um 1·2 ^{0} C. weniger hoch erwärmt als bei intacter Circulation. — „Nehmen wir nun an, die ganze Hautoberfläche eines 82 ^{kg} schweren Menschen sei in gleichem Maasse blutlos geworden. — Die ganze Körperoberfläche eines so schweren Individuums beträgt nach Valentin ungefähr 1·65 $^{\square m}$ = 16500 $^{\square cm}$ oder 1100 mal 15 $^{\square cm}$, also 1100 mal die Grundfläche meines calorimetrischen Luftraums. Bei einer Wärmecapacität von im Mittel 0·237 würden 1100 mal 50 ^{Ccm} = 55 Liter Luft um 1·2 ^{0} C. weniger hoch erwärmt werden, als bei ungestörter Circulation.

Es würde demnach durch Verdrängung des Blutes aus der ganzen Haut in 10 Minuten an Wärme erspart werden:

$$1{\cdot}2 \times 55 \times 0{\cdot}237 = 15{\cdot}642 \text{ Calorien.}$$

Man schätzt die Wärmeproduction eines Menschen von mittlerem Körpergewicht auf 1·8 Calorien pro Minute, somit producirt derselbe in 10 Minuten 18 Calorien. Durch Verdrängung des Blutes aus der Haut würden also 86·9 $^0/_0$ der mittleren in der Norm producirten Wärmemenge im Körper zurückgehalten werden durch Verkleinerung des Verlustes."

Hier hätte Hr. Winternitz so leicht erkennen können, dass bei seinen

Versuchen etwas nicht in Ordnung sei! Schon durch Verkleinerung des Verlustes von der Haut werden 86·9 %, in einem anderen Falle bei venöser Stase der Haut sogar 94·14 % der normal producirten Wärme zurückgehalten! Es werden aber auch an diesen Stellen mit behinderter Circulation noch sehr grosse Wärmemengen abgegeben und zwar, wenn man sie nach Winternitz berechnet, etwa vier mal so viel als der Körper gleichzeitig producirt! Dieser Widersinn der Resultate, über welchen Hr. Winternitz still hinweggeht, hätte ihm zeigen müssen, dass in den Versuchen ein Fehler ist. Corrigiren wir denselben, indem wir die oben von Hrn. Winternitz herausgerechneten 15·642 Calorien mit 0·00129 ^{kg} dem Gewichte eines Liters Luft multipliciren, so kommt für die Verminderung der Wärmeabgabe durch die gehemmte Hautcirculation die winzige Zahl von 0·02 Cal. heraus. Dass diese corrigirte Zahl ebenso zu klein ist, wie die von Hrn. Winternitz berechnete, zu gross, liegt auf der Hand. Das kommt daher, weil Hr. Winternitz nur die Wärmemengen in Anschlag gebracht hat, welche die Luft seines „Calorimeters" aufgenommen hat; die sehr viel grösseren Wärmemengen aber, welche die Glas- und Quecksilbermassen zweier Thermometer, die das Calorimeter nach unten abschliessende Kautschukmembran und die Holzwände aufgenommen haben, ganz unberücksichtigt lässt. — Wenn ein sehr milder Kritiker den ersten ungeheuerlichen Fehler mit einem „quandoque bonus dormitat Homerus" entschuldigen möchte, so zeigen doch die weiteren eben angedeuteten Fehler, dass Hr. Winternitz mit vollständiger Unkenntniss der Art und Weise, wie man Wärmemengen misst, an die Arbeit herangetreten ist. — Wie vollständig ihn aber auch das Glück, welches doch zuweilen über Lücken des Wissens hinweg hilft, bei dieser Arbeit im Stiche gelassen hat, das erkenne man daraus, dass er von den beiden Zahlen, welche das Handbuch der Physik ihm für die specifische Wärme der Luft an die Hand gab, just die verkehrte zu seinen Rechnungen wählte. Er hat es mit der Erwärmung eines abgeschlossenen, constant bleibenden Luftvolums zu thun, wählt aber nicht die für diesen Fall passende Zahl 0·169, sondern 0·237, die specifische Wärme der Gase bei constantem Druck.

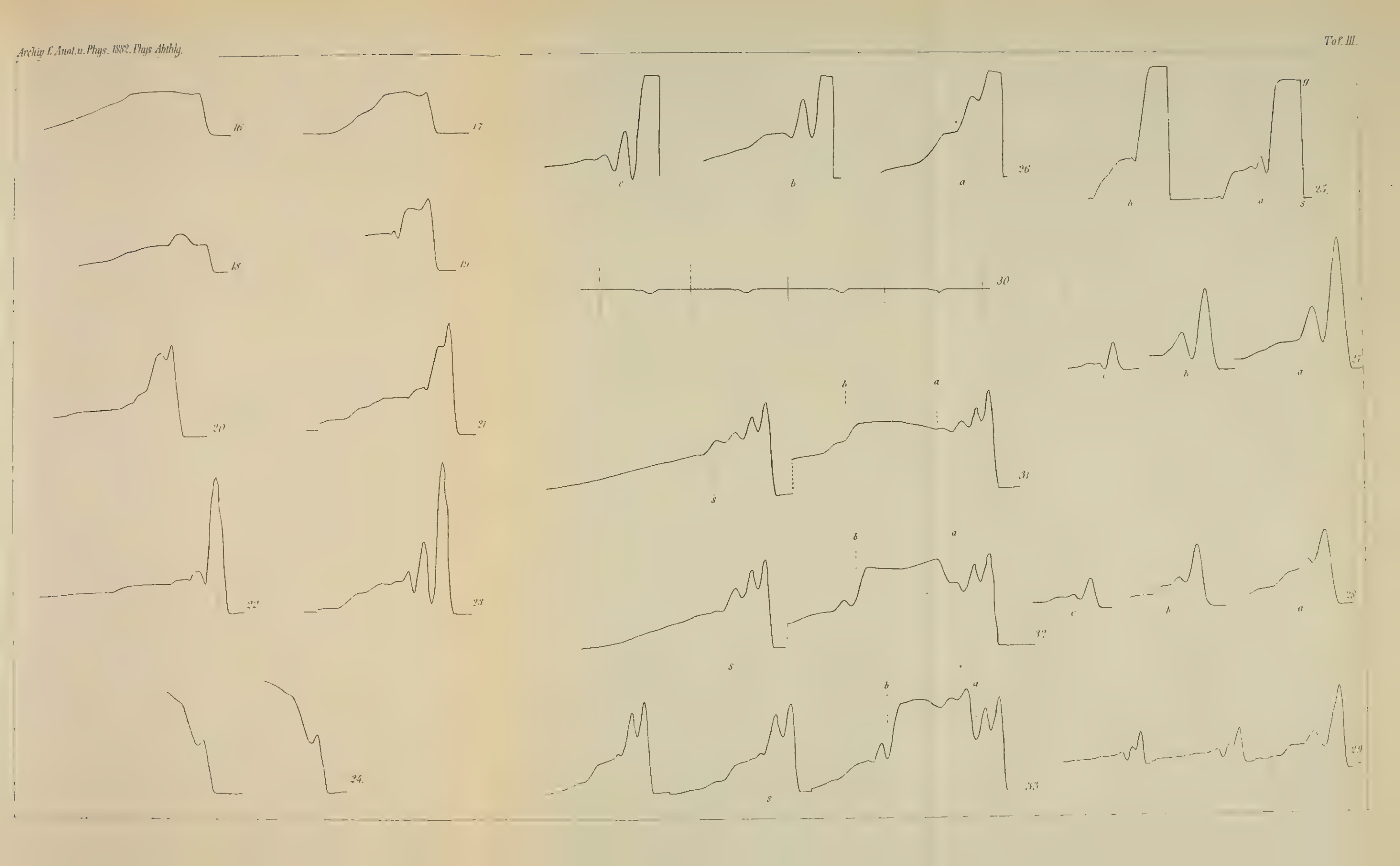
Nach diesen Proben wird man es nicht zu hart finden, wenn ich den Winternitz'schen Versuchen jede Beweiskraft absprach.

Der Scherz, mit dem Winternitz meiner Behauptung, dass seine Arbeit wegen der grossen methodischen Fehler jede Verwerthung ausschliesse, entgegentritt: „Eine Verwerthung derselben im Zuntz'schen Sinne war nie in meiner Absicht gelegen" — veranlasst mich noch zu einer kurzen Bemerkung: Meine Untersuchungen über die Wärmeregulation und die in jüngster Zeit in meinem Laboratorium über den fieberhaften Process angestellten, beschäftigen sich mit dem Gaswechsel in diesen Zuständen. Ich möchte mich gegen den Schluss verwahren, als ob ich die Bedeutung der Regulation der Wärmeabgabe durch die Haut bei diesen Vorgängen gering anschlüge. — Ich hatte nur bisher keine Veranlassung, mich darüber auszusprechen, weil ich diese Seite der Frage nicht selbst experimentell bearbeitet habe.








16
17
c
b
a
26
b
a
s
25.
18
19
30
c
b
a
27
20
21
b
a
31
s
22
23
b
a
32
c
b
a
28
s
b
a
24.
33
s
29



a

s 34.

a

s 37.

s 35

s 38.

a

s 36.

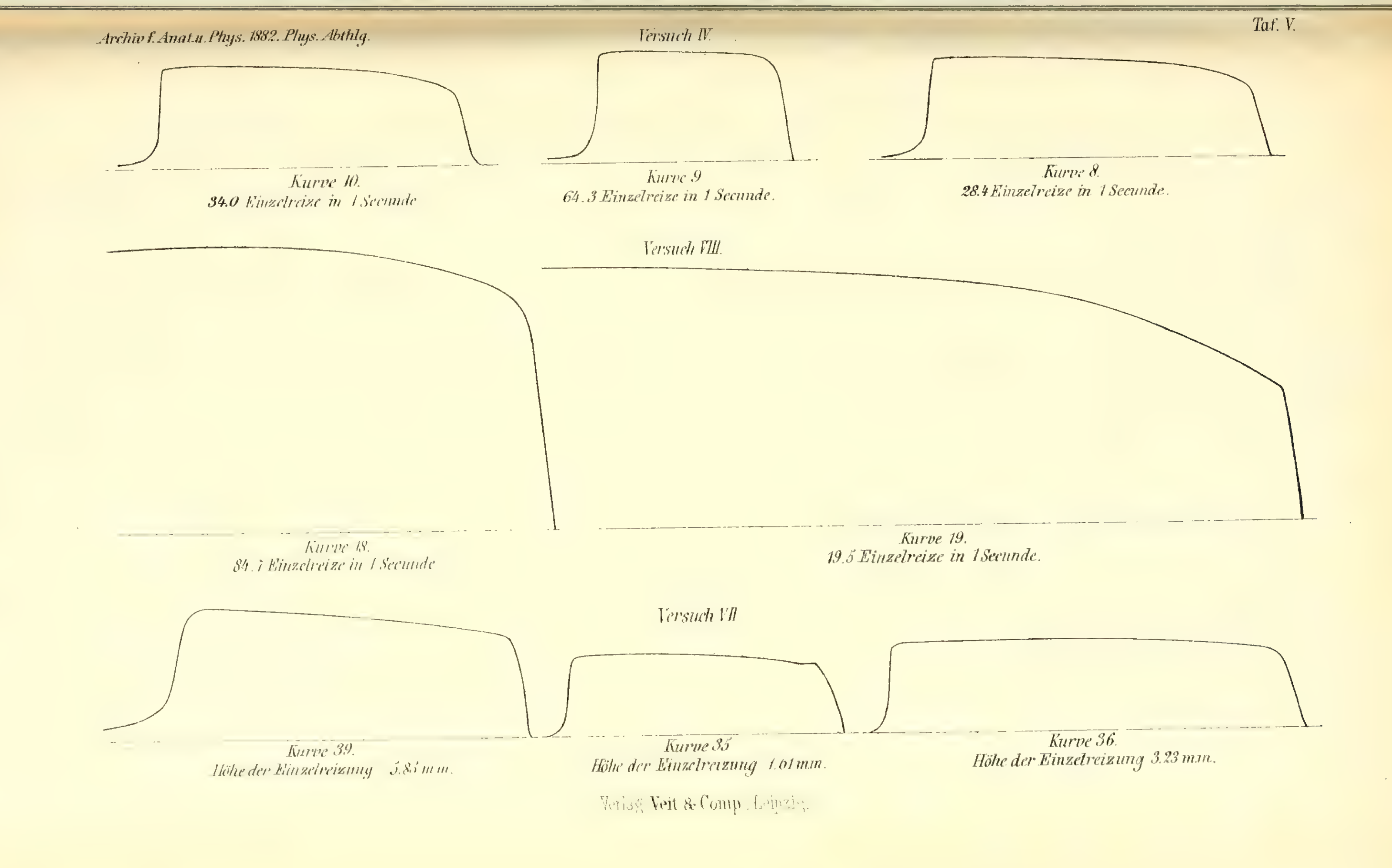
s 39

40

42

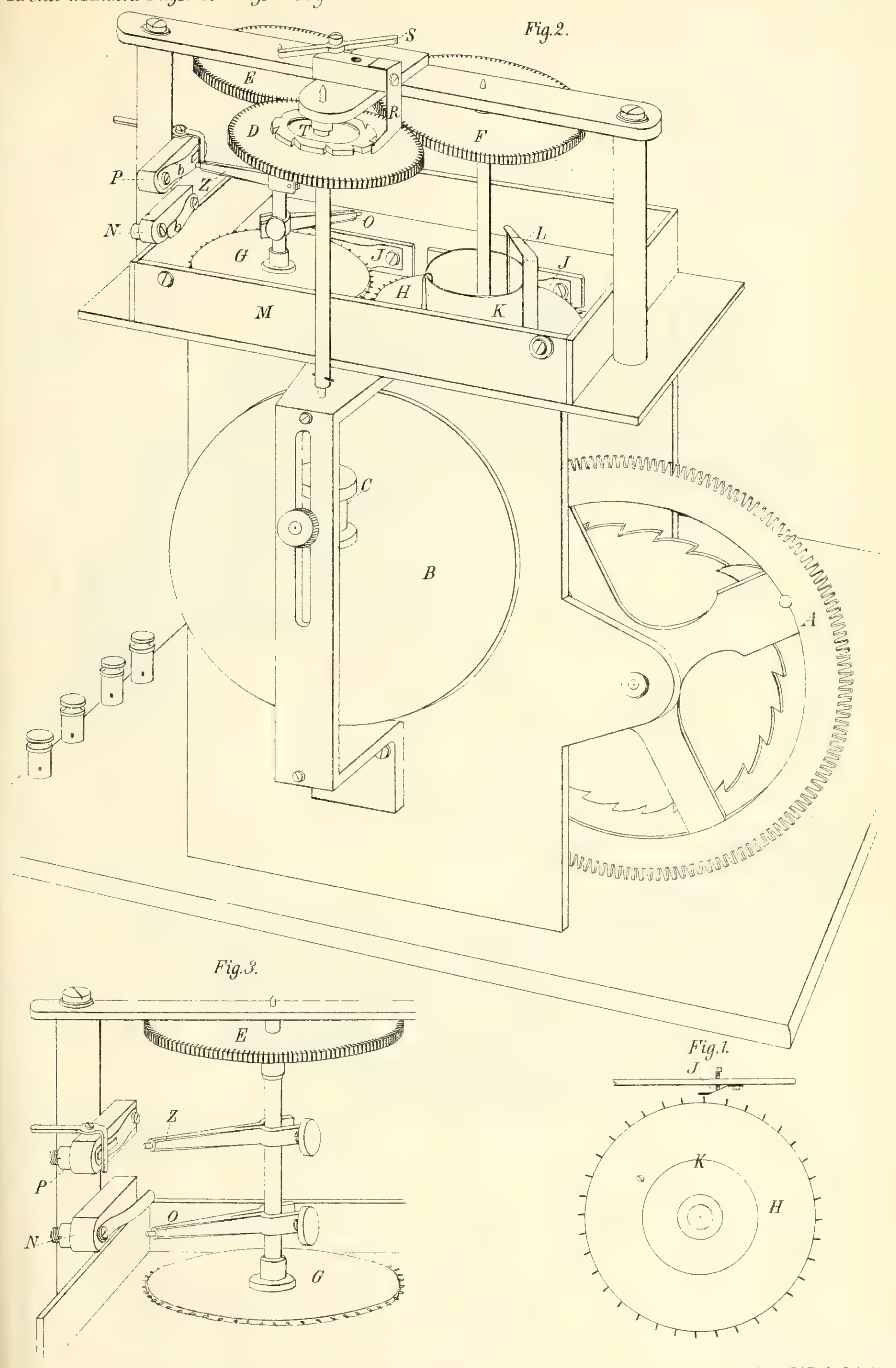
41.





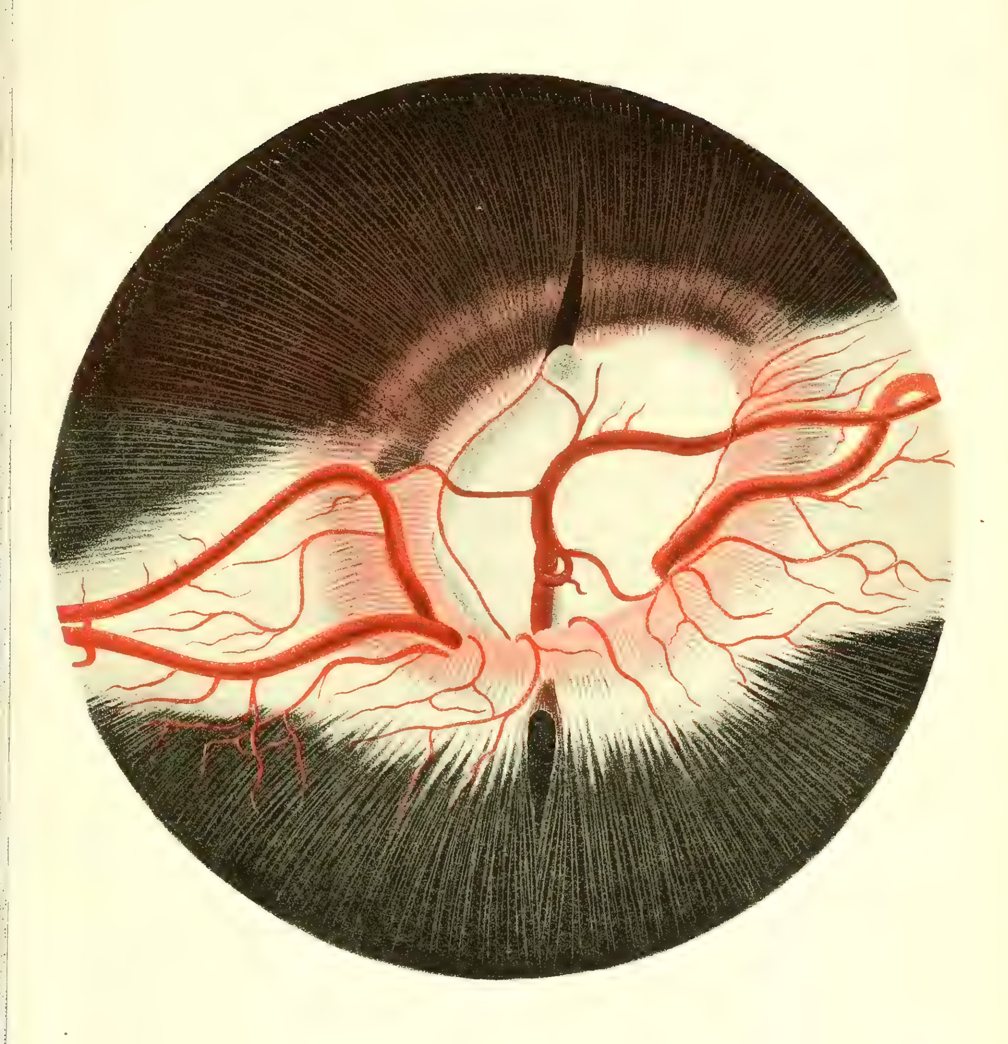
Verlag Veit & Comp. Leipzig.





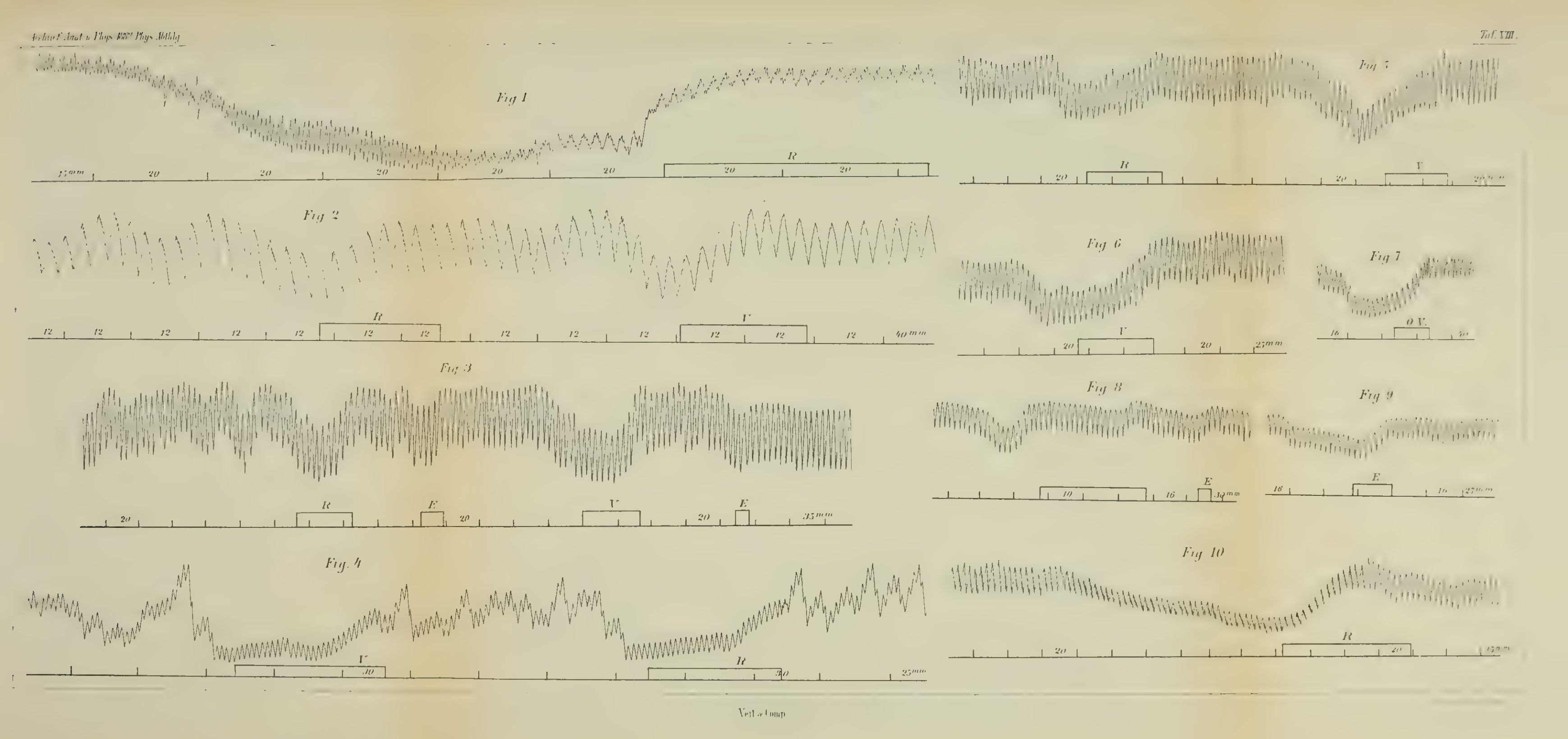
Verlag Veit & Comp., Leipzig.
Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.

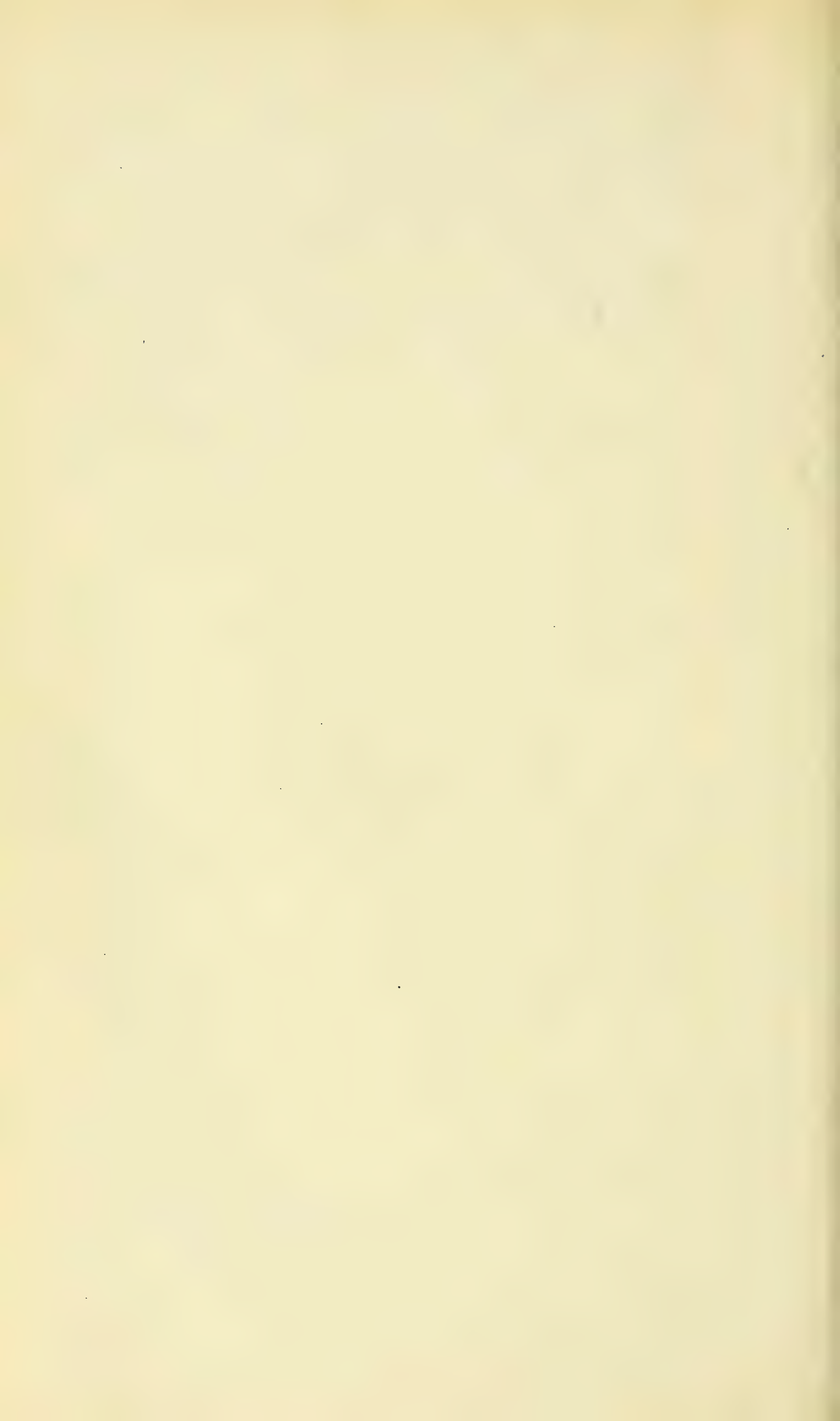


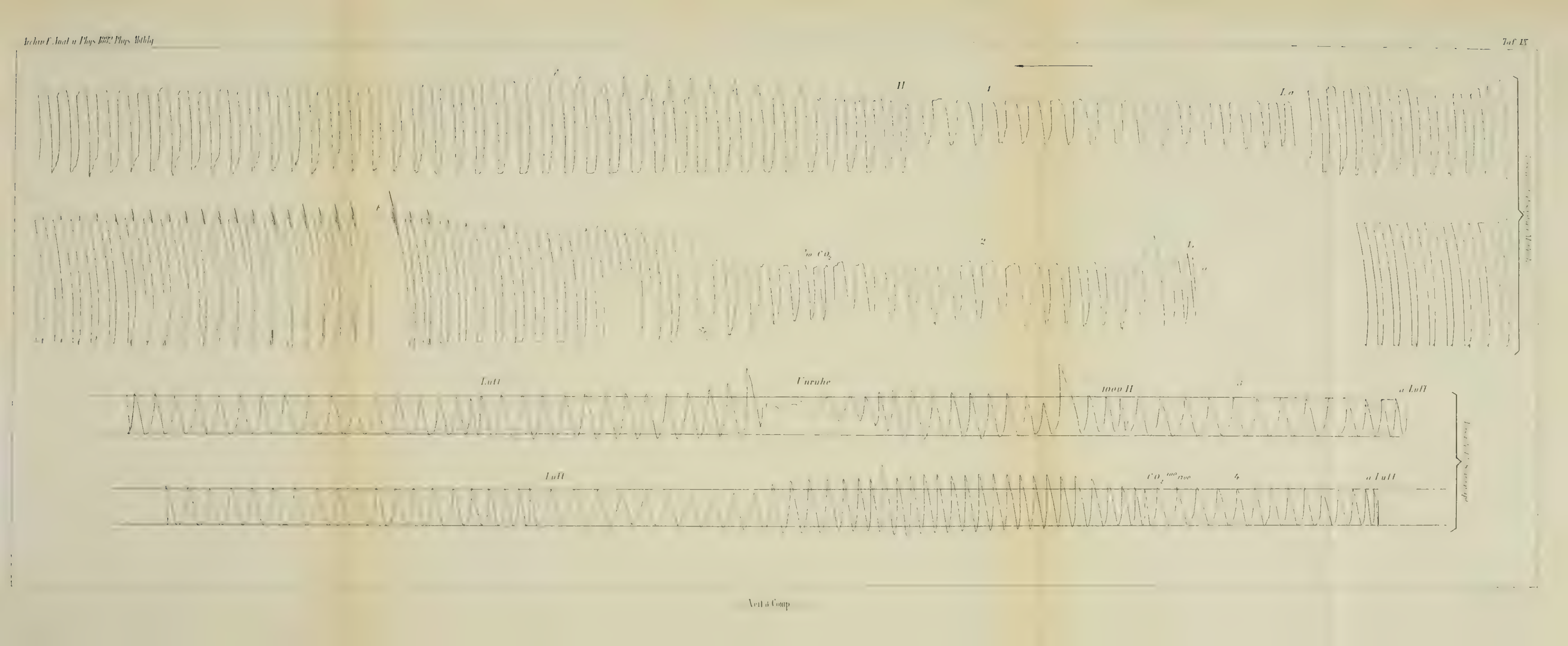


A. Reichert ad nat. del. Verlag Veit & Comp., Leipzig Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.

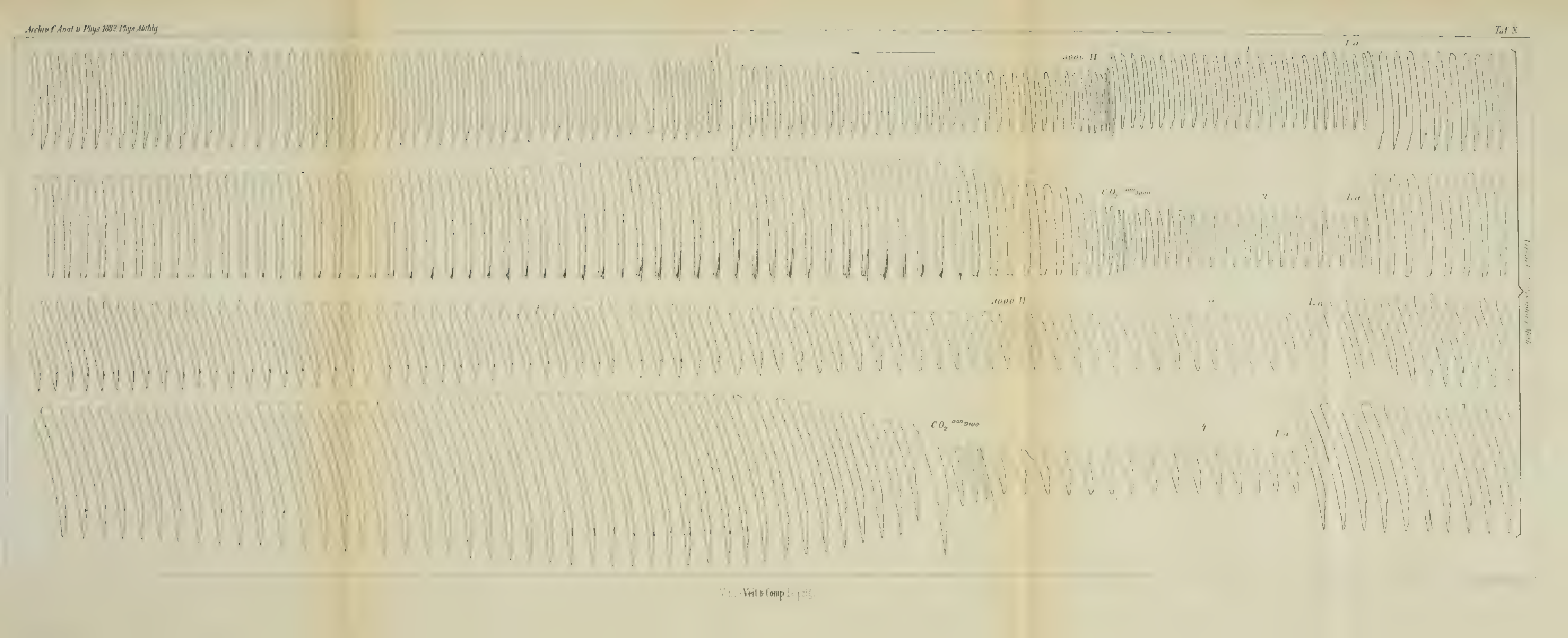



Taf. VIII.
Fig 1
R
Fig 2
R
V
Fig 3
R
E
V
E
Fig. 4
V
R
Fig 6
V
Fig 7
Fig 8
E
Fig 9
E
Fig 10
R
Veit & Comp

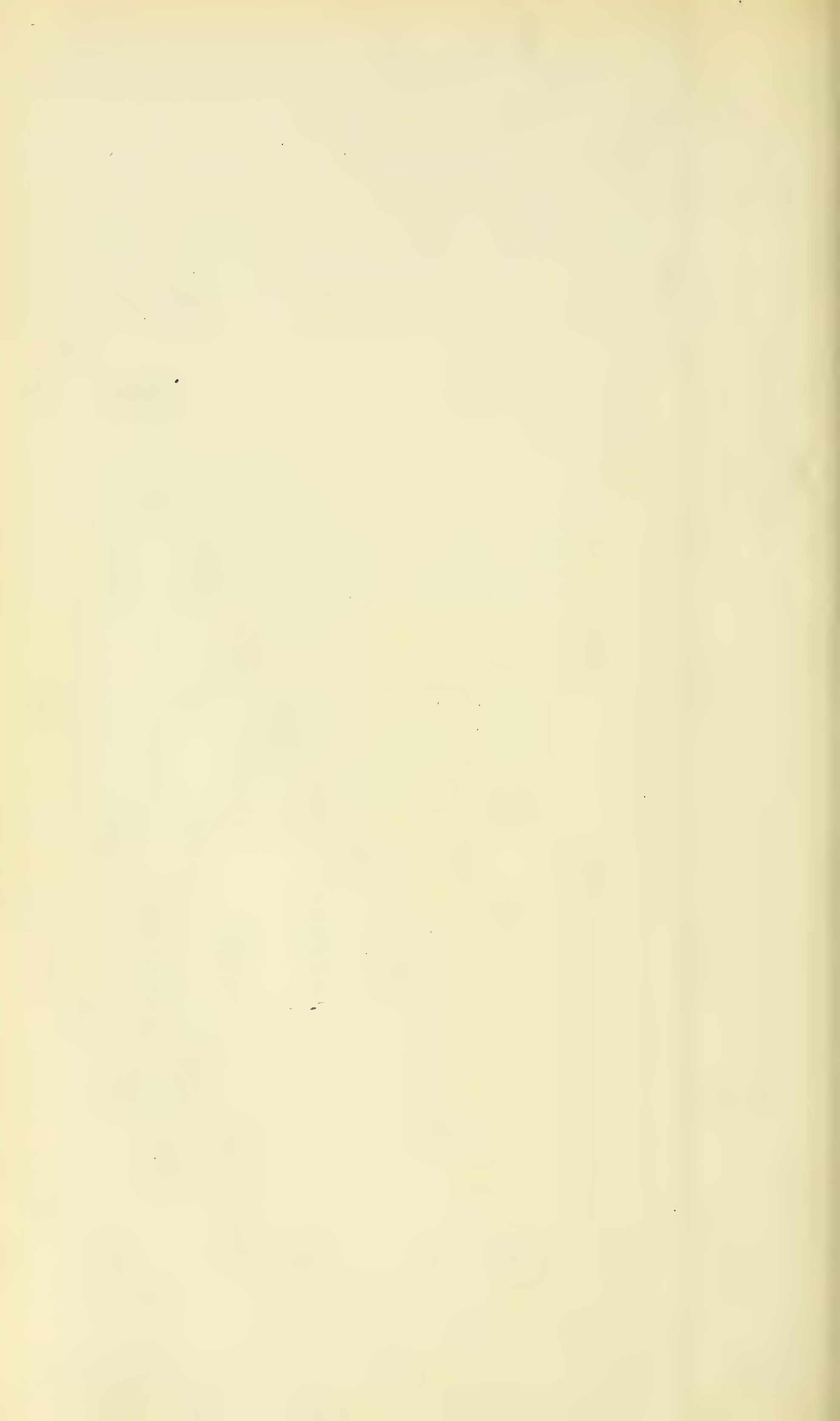


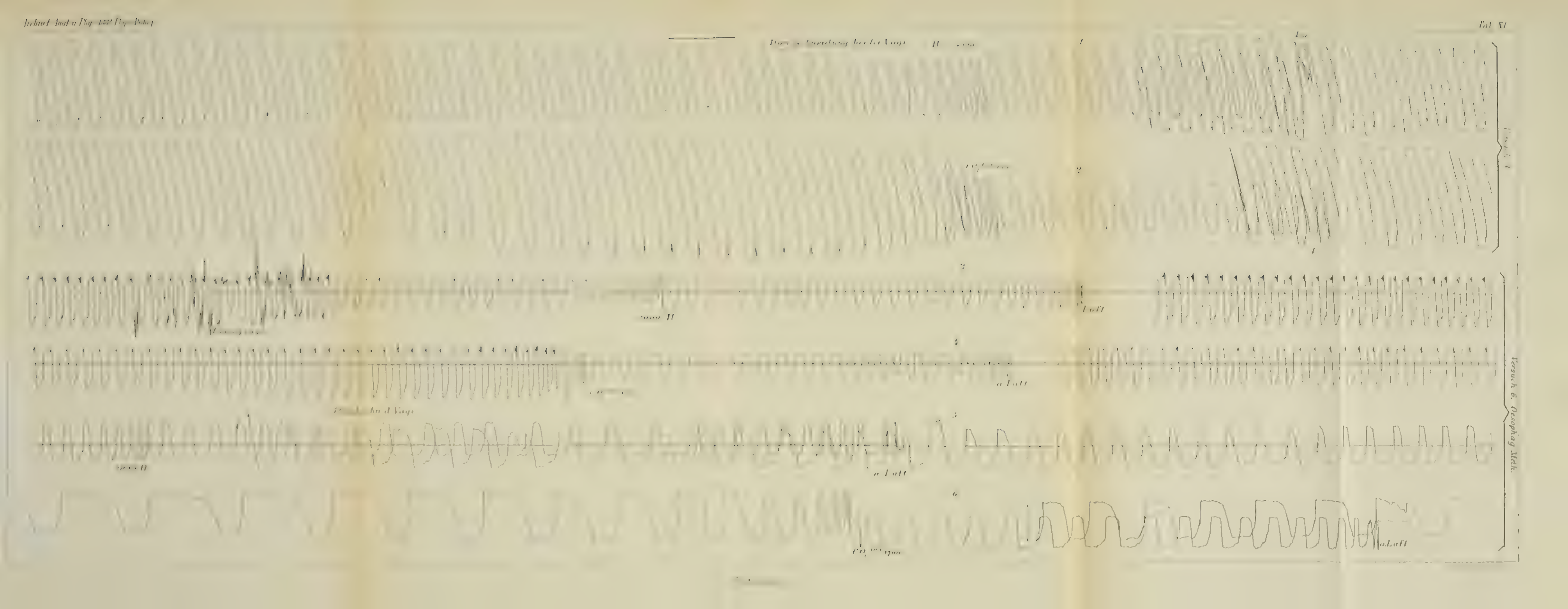

H
1
La
$\frac{1}{10}$ CO_2
2
L
Luft
Unruhe
1000 H
3
a Luft
Luft
CO_2 $\frac{100}{1000}$
4
a Luft



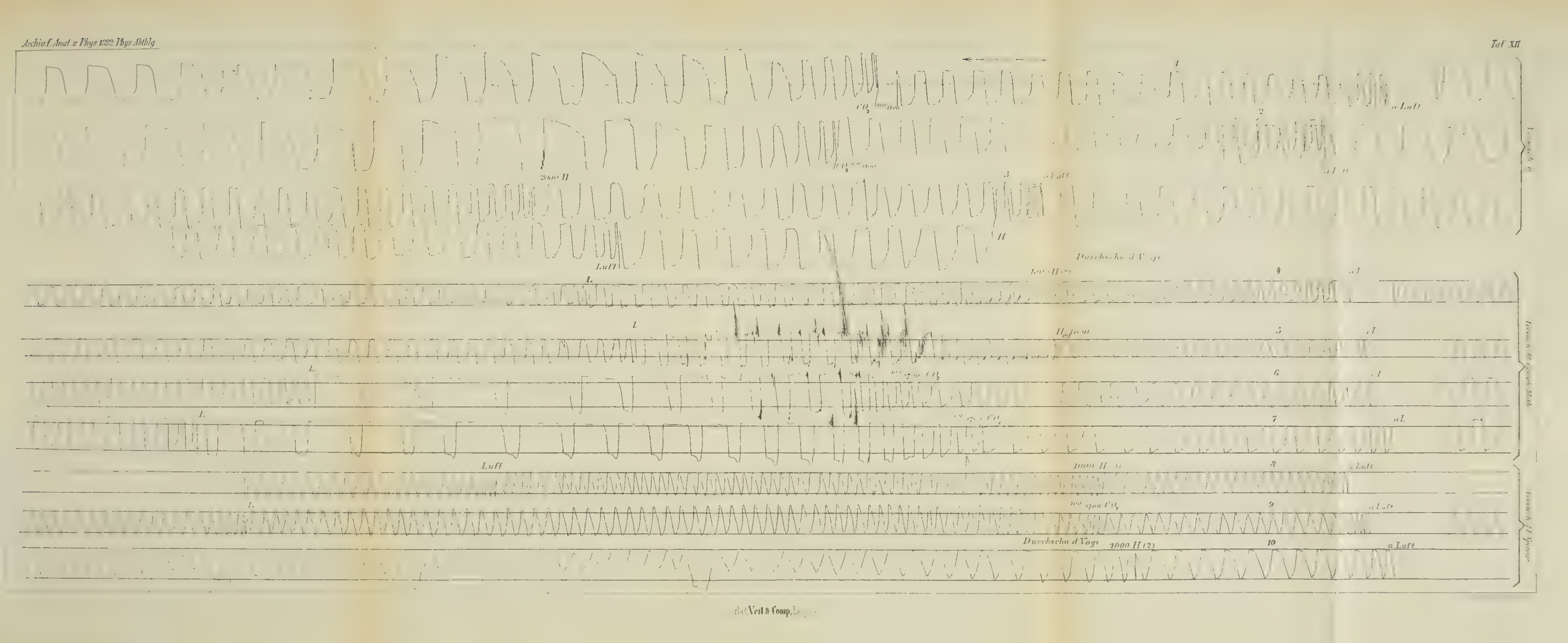


Veit & Comp. Leipzig.

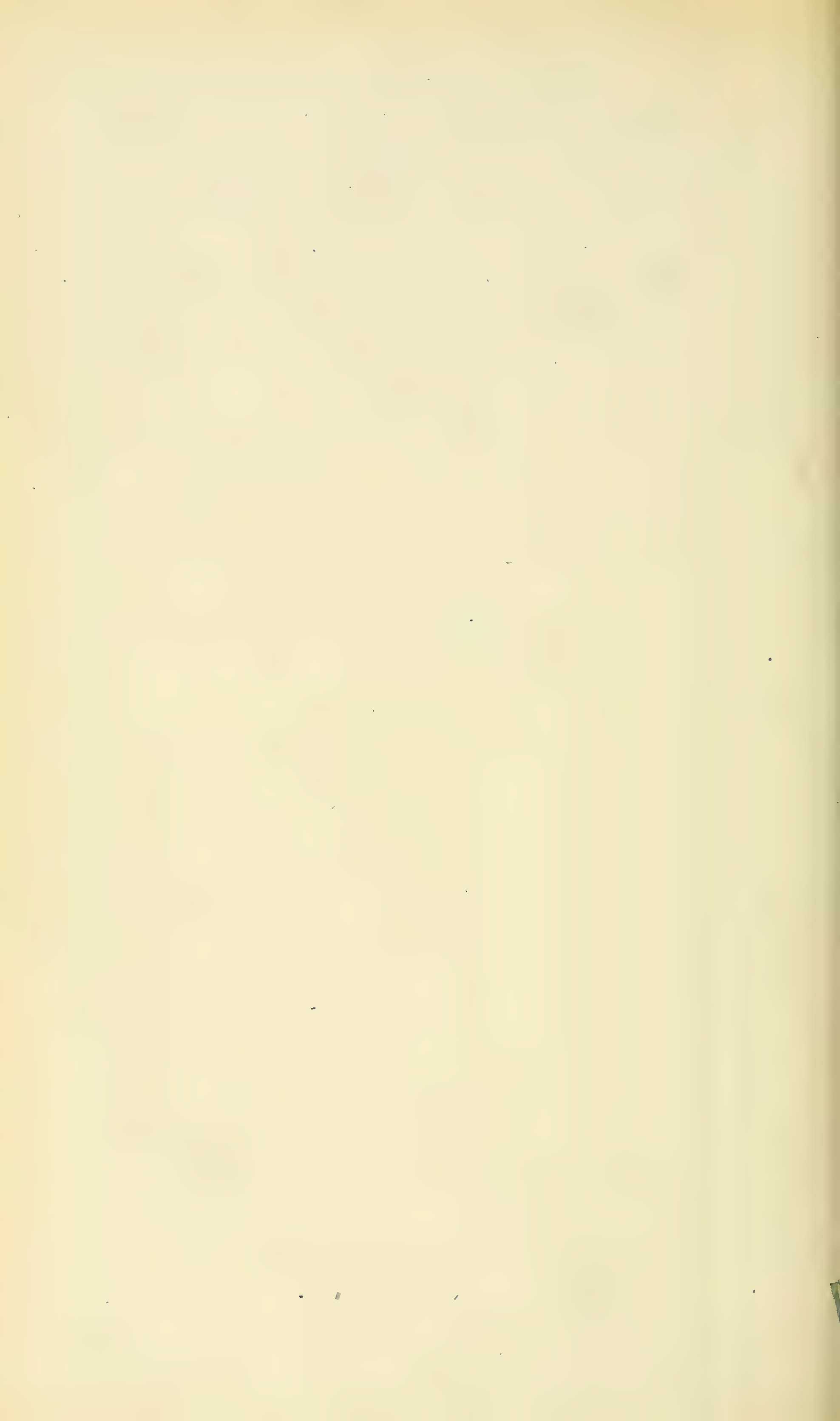


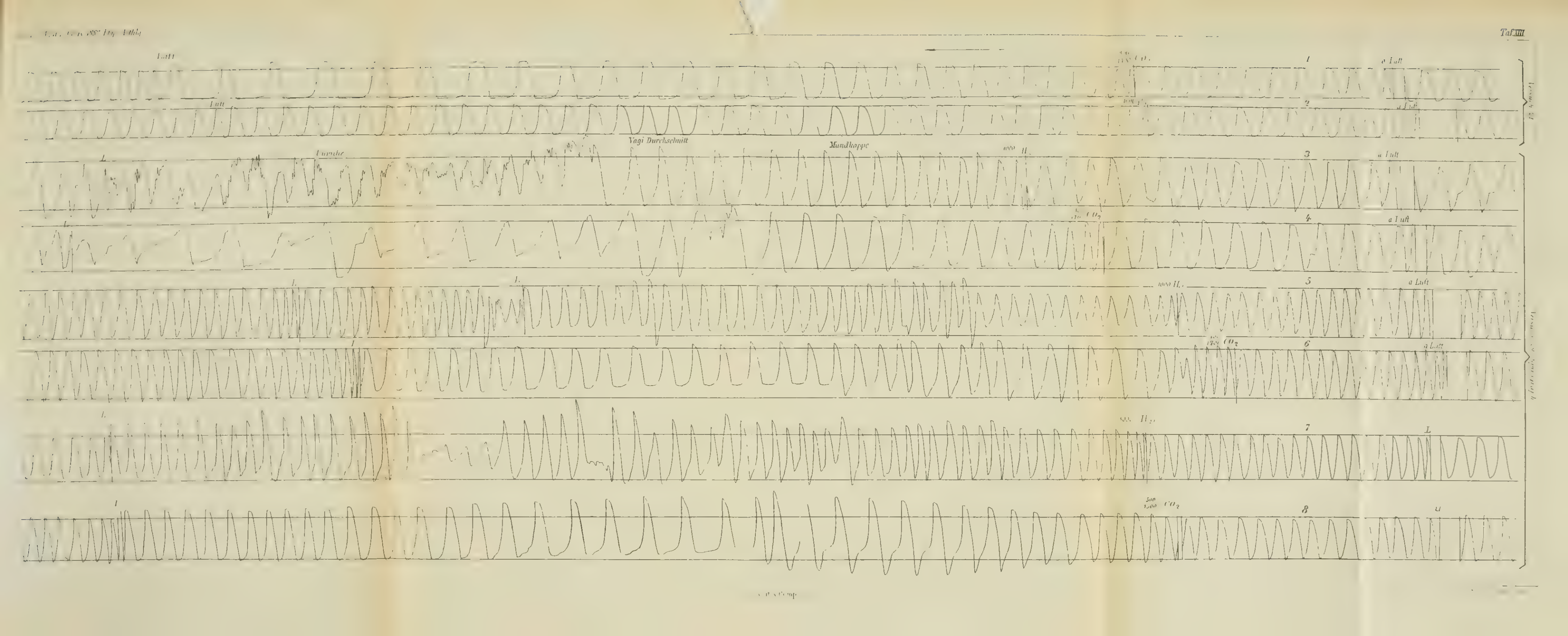


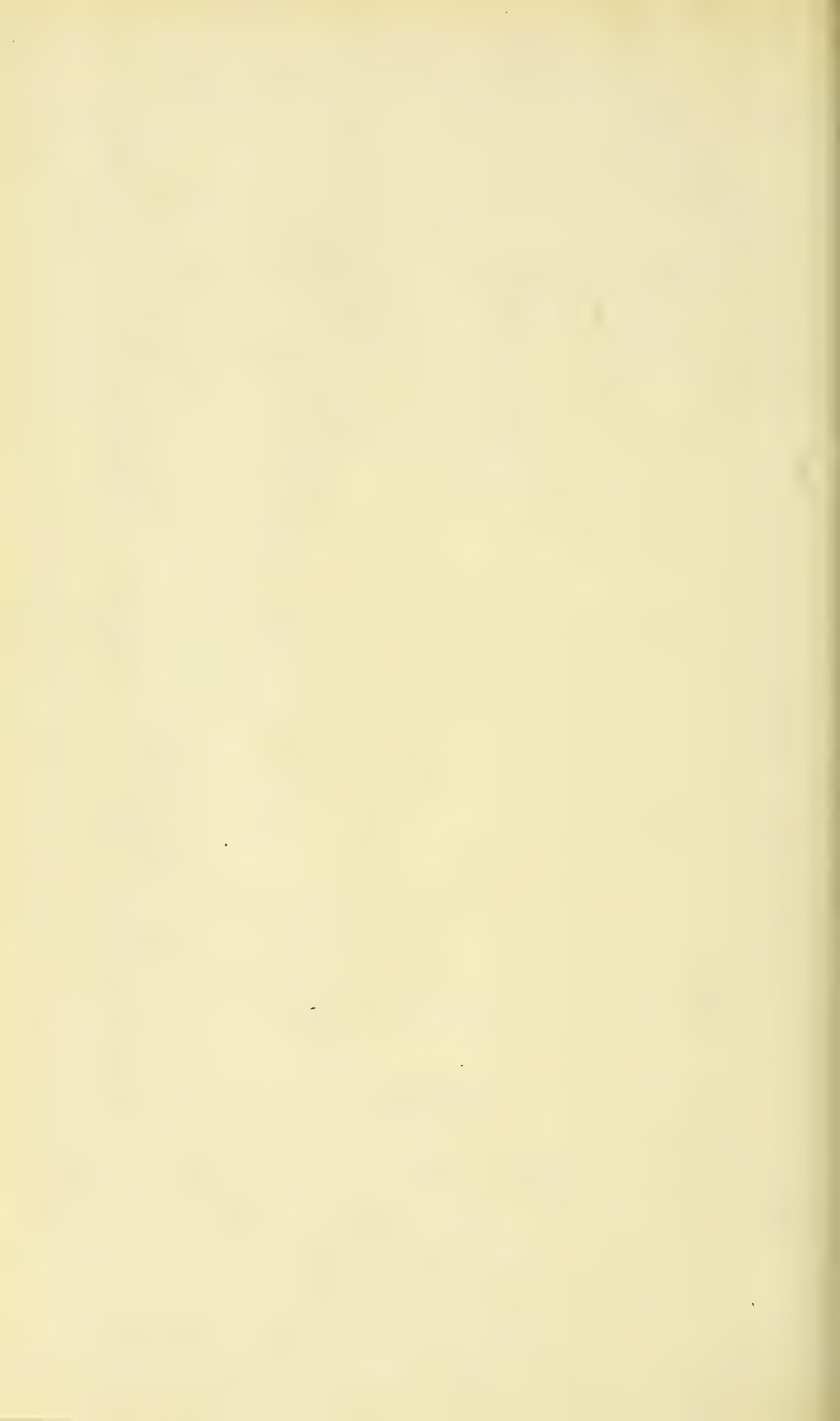


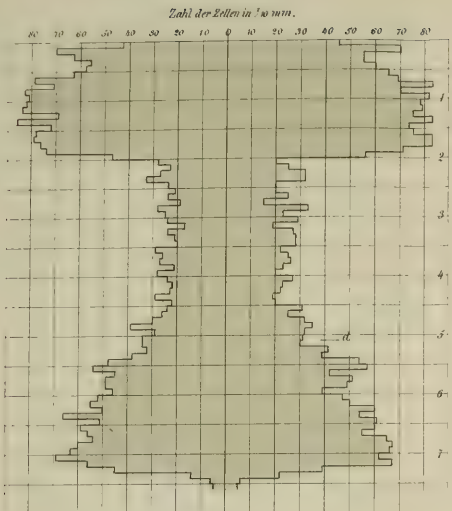


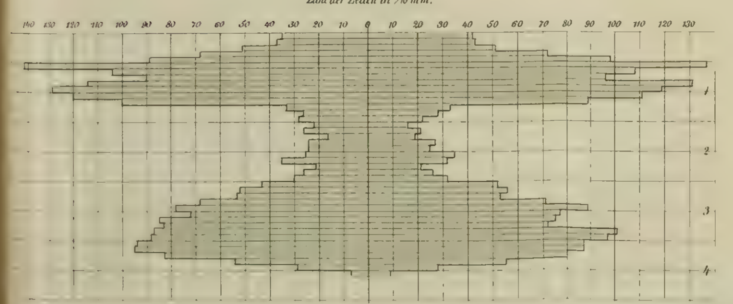
Veit & Comp. L.

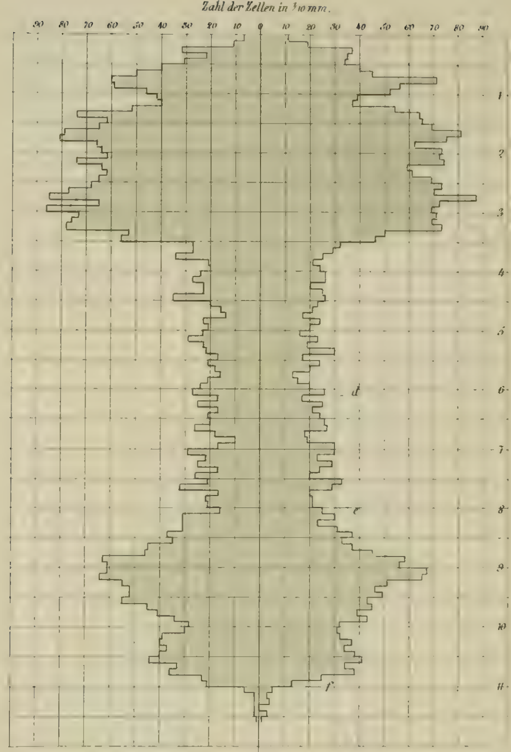



Luft
Luft
Vagi Durchschnitt
Mundkappe
1
2
3
4
5
6
7
8
a Luft









Verlag Veit & Comp. Leipzig.

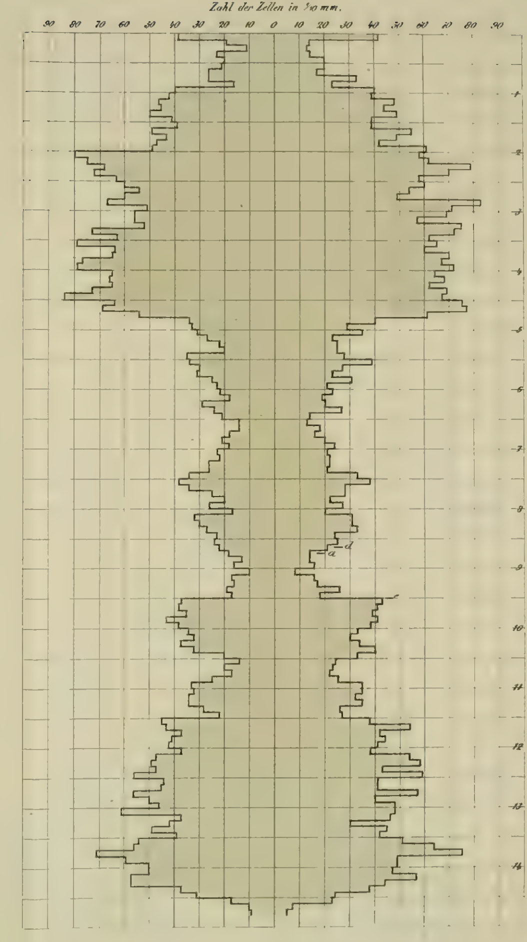


Fig. D.

Zahl der Zellen in 5/10 mm

110 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110

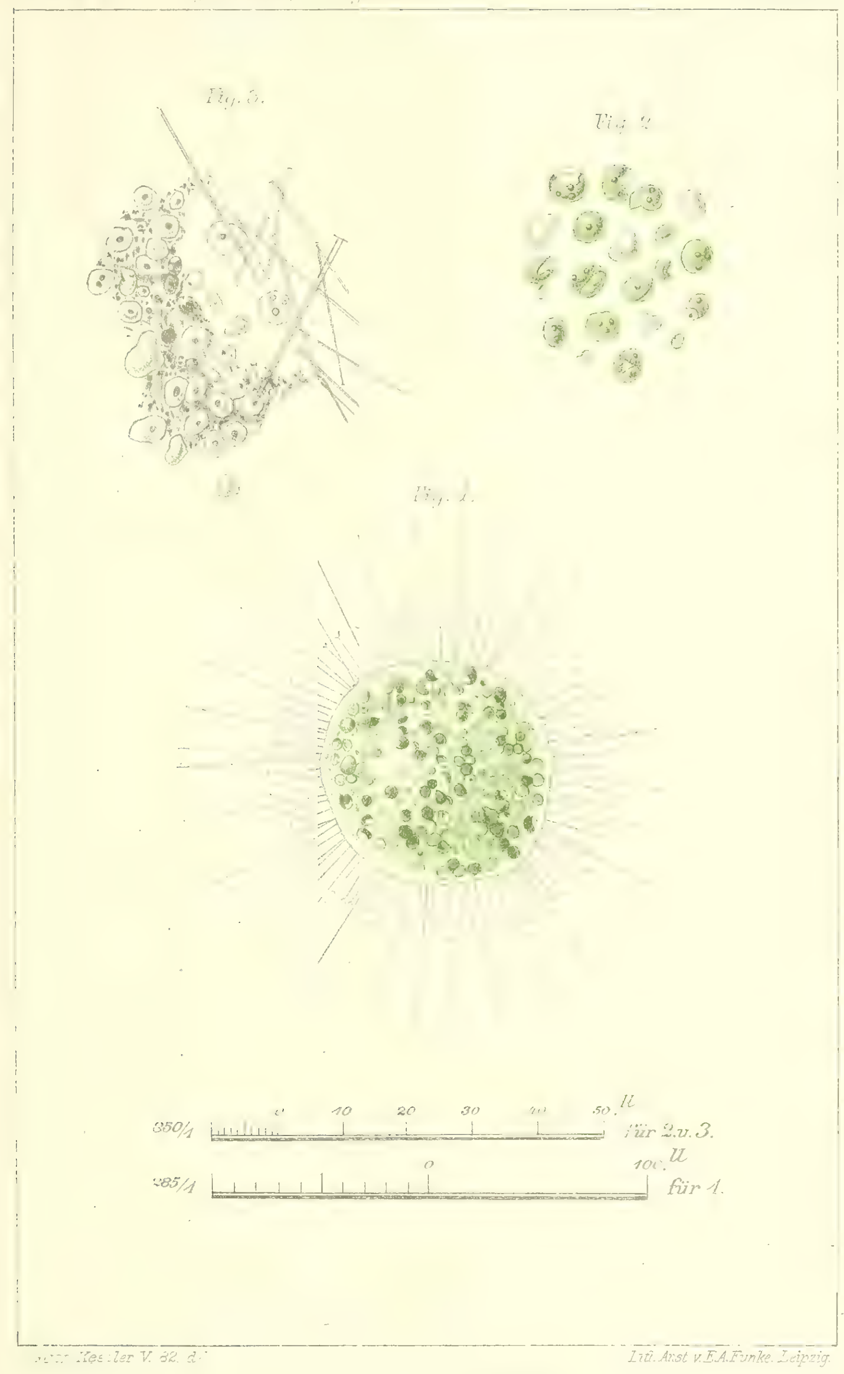
Fig. E.



Verlag **Veit & Comp.** Leipzig.

Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig

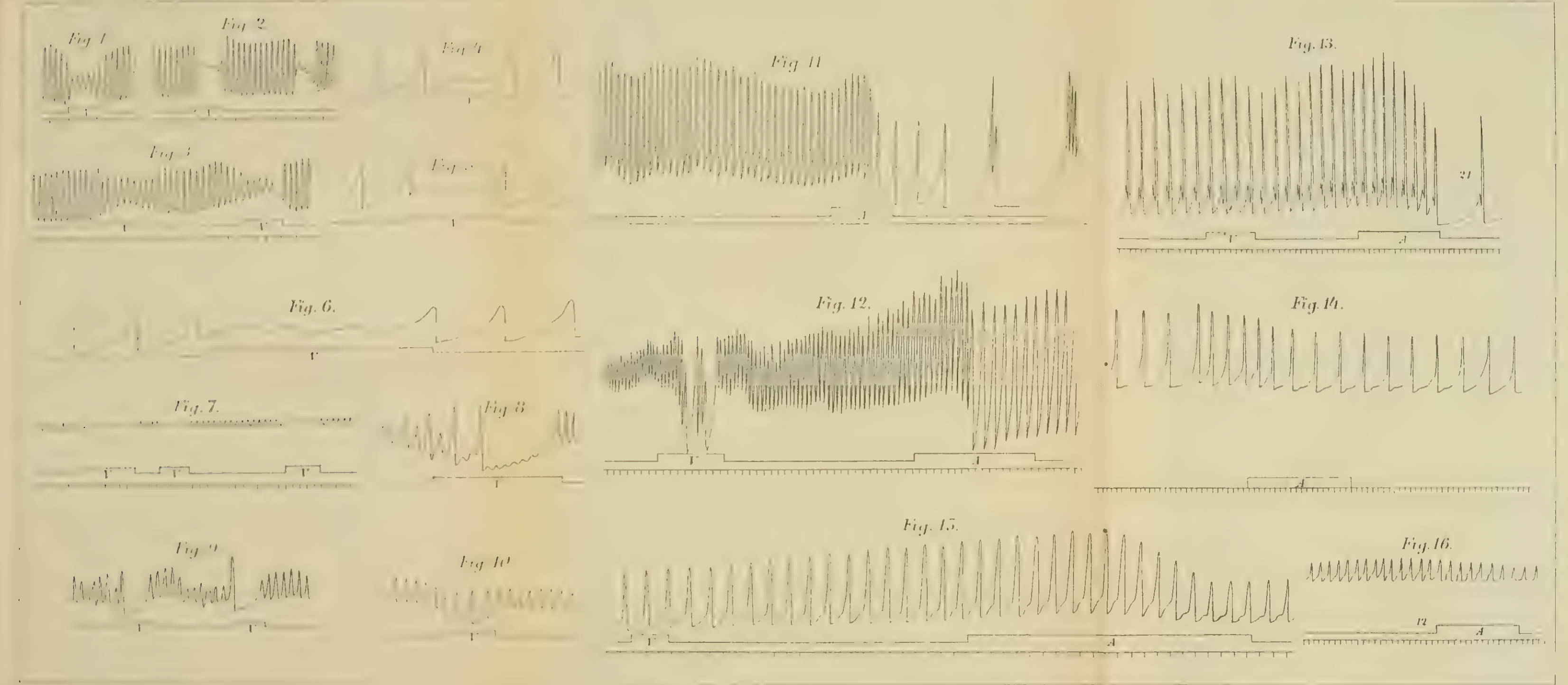




Kessler V. 82. del.　　　　Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.

Verlag Veit & Comp Leipzig



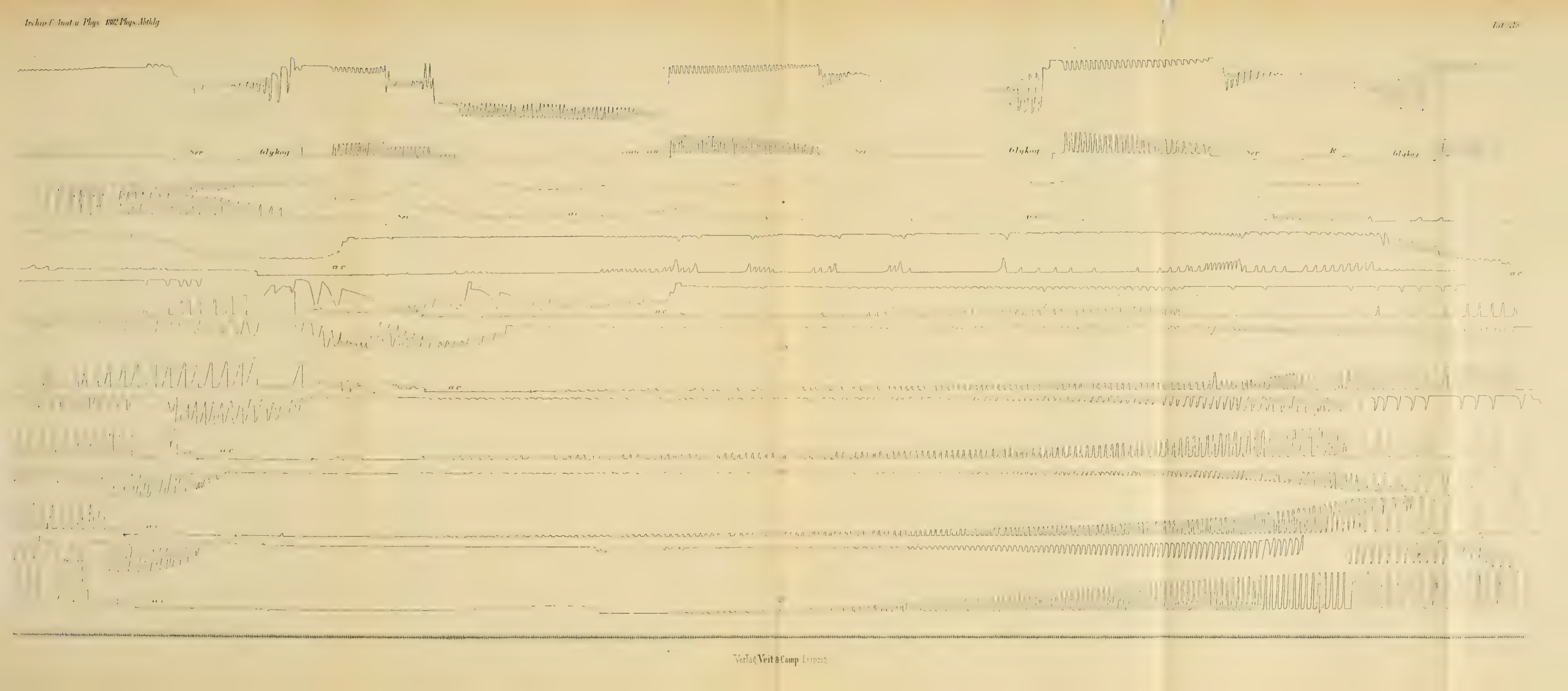

Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8
Fig. 9
Fig. 10
Fig. 11
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.

Veit & Comp.



Verlag Veit & Comp. Leipzig





Verlag Veit & Comp. Leipzig



Literarischer Anzeiger

zum

ARCHIV FÜR ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE

1882. *Leipzig, Verlag von Veit & Comp.* **№ 1.**

---

4) Pathologie des Nervensystems; 5) Psychiatrie; 6) Therapie. Elektrotherapie; 7) Forensische Psychiatrie; 8) Anstaltswesen. — III. Gesellschafts- und Versammlungsberichte. — IV. Besprechungen von selbständigen Werken. — V. Bibliographie. — VI. Personalien und Vermischtes.

Ihre ständige Mitwirkung haben zugesagt: Prof. Dr. O. Berger (Breslau), Dr. Binswanger (Berlin), Dr. Eisenlohr (Hamburg), Prof. Dr. Emminghaus (Dorpat), Prof. Dr. Erb (Leipzig), Prof. Dr. Eulenburg (Greifswald), Docent Dr. F. Falk (Berlin), Prof. Dr. Paul Flechsig (Leipzig), Dr. Gnauck (Berlin), Dr. Hadlich (Pankow), Prof. Dr. Hirschberg (Berlin), Director Dr. Jehn (Merzig), Dr. Moeli (Berlin), Docent Dr. E. Remak (Berlin), Dr. Th. Rumpf (Düsseldorf), Dr. Otto Schwartzer (Budapest), Prof. Dr. F. Schultze (Heidelberg), Dr. F. Siemens (Marburg), Dr. E. Sioli (Leubus), Dr. von den Steinen (Berlin), Docent Dr. A. Strümpell (Leipzig), Dr. Tuczek (Marburg) u. A.

Leipzig, im Januar 1882.

Die Verlagsbuchhandlung:
Veit & Comp.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Literarischer Anzeiger
zum
ARCHIV FÜR ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE

1882. *Leipzig, Verlag von Veit & Comp.* **№ 2.**

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Literarischer Anzeiger

zum

ARCHIV FÜR ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE

1882. *Leipzig, Verlag von Veit & Comp.* **№ 3.**

Soeben erschienen:

Grundriss

der

Physiologie des Menschen

für

Studirende und Ärzte.

Von

Dr. J. Steiner,

Docent der Physiologie in Heidelberg.

Zweite, verbesserte Auflage.

Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzschnitten.

gr. 8. geh. Preis ℳ 9.—

Die Gesichtsempfindungen

und

ihre Analyse.

Von

J. von Kries,

Professor der Physiologie an der Universität Freiburg i. Br.

Mit 22 Holzschnitten im Text.

gr. 8. geh. Preis ℳ 5.—

ZUR MORPHOLOGIE

der

SPALTPFLANZEN

(Spaltpilze und Spaltalgen)

von

Dr. W. Zopf,

Docenten an der Universität und der landwirthschaftlichen Hochschule zu Berlin.

gr. 4. 1882. Mit 7 Tafeln. geh. Preis ℳ 10.—

Die Botaniker, Mediciner und Physiologen gleichmässig interessirende Frage nach dem gegenseitigen morphologischen Verhältniss der zahlreichen heterogenen Spaltpilzformen wird durch diese Untersuchungen zu einem entscheidenden Resultat geführt.

Leipzig. **Veit & Comp.**

II Probenummer des „Neurologischen Centralblattes".

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

Fortsetzung des von REIL, REIL u. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT u. DU BOIS-REYMOND herausgegebenen Archives.

HERAUSGEGEBEN

VON

Dr. WILH. HIS und Dr. WILH. BRAUNE,

PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

Dr. EMIL DU BOIS-REYMOND,

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1882.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

ERSTES UND ZWEITES HEFT.

MIT ELF ABBILDUNGEN IM TEXT UND EINER TAFEL.

LEIPZIG,

VERLAG VON VEIT & COMP.

1882.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.

(Ausgegeben am 18. April 1882.)

Mit zwei Beilagen:
1) Probenummer des „Neurologischen Centralblattes“.
2) Prospect von H. Loescher in Turin.

Inhalt.

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis.

Beiträge für die **anatomische Abtheilung** sind an

Professor Dr. **W. His** oder Professor Dr. **W. Braune**
in Leipzig, beide Königsstrasse 17,

Beiträge für die **physiologische Abtheilung** an

Professor Dr. **E. du Bois-Reymond**
in Berlin, N.W., Neue Wilhelmstrasse 15,

portofrei einzusenden. — **Zeichnungen** zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf **vom Manuscript getrennten** Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, **unter Berücksichtigung** der Formatverhältnisse des Archives, denselben eine **Zusammenstellung,** die dem Kupferstecher oder Lithographen als Vorlage dienen kann, beizufügen.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Physiologische Abtheilung. 1882. III. u. IV. Heft.

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL u. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT u. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILH. HIS UND DR. WILH. BRAUNE,

PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1882.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

DRITTES UND VIERTES HEFT.

MIT VIERZIG ABBILDUNGEN IM TEXT UND ZWÖLF TAFELN.

LEIPZIG,

VERLAG VON VEIT & COMP.

1882.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.

(Ausgegeben am 9. August 1882.)

Inhalt.

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis.

Beiträge für die **anatomische Abtheilung** sind an

Professor Dr. **W. His** oder Professor Dr. **W. Braune**

in Leipzig, beide Königsstrasse 17,

Beiträge für die **physiologische Abtheilung** an

Professor Dr. **E. du Bois-Reymond**

in Berlin, N.W., Neue Wilhelmstrasse 15,

portofrei einzusenden. — **Zeichnungen** zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf **vom Manuscript getrennten** Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, **unter Berücksichtigung** der Formatverhältnisse des Archives, denselben eine **Zusammenstellung,** die dem Kupferstecher oder Lithographen als Vorlage dienen kann, beizufügen.

Das

ARCHIV

für

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE,

Fortsetzung des von **Reil, Reil** und **Autenrieth, J. F. Meckel, Joh. Müller, Reichert** und **du Bois-Reymond** herausgegebenen Archives,

erscheint jährlich in 12 Heften von zusammen 66 Bogen mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzschnitten und 25—30 Tafeln.

6 Hefte entfallen auf den anatomischen Theil und 6 auf den physiologischen Theil.

Mit dem **anatomischen** Theil ist die **„Zeitschrift für Anatomie und Entwickelungsgeschichte"**, welche als selbständiges Organ zu erscheinen aufgehört hat, verschmolzen, in dem **physiologischen** Theil kommen auch die **Arbeiten aus dem physiologischen Institut der Universität Leipzig** zur Veröffentlichung, welche seither besonders erschienen.

Der Preis des Jahrganges beträgt 50 M.

Auf die **anatomische** Abtheilung (Archiv für Anatomie und Entwickelungsgeschichte, herausgegeben von His und Braune), sowie auf die **physiologische** Abtheilung (Archiv für Physiologie, herausgegeben von E. du Bois-Reymond) kann **separat** abonnirt werden, und es beträgt bei Einzelbezug der Preis der anatomischen Abtheilung 40 M., der Preis der physiologischen Abtheilung 24 M.

Bestellungen auf das vollständige Archiv, wie auf die einzelnen Abtheilungen nehmen alle Buchhandlungen des In- und Auslandes entgegen.

Die Verlagsbuchhandlung:

Veit & Comp. in Leipzig.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL U. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT U. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILH. HIS UND DR. WILH. BRAUNE,
PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1882.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

FÜNFTES UND SECHSTES HEFT.

MIT DREIZEHN ABBILDUNGEN IM TEXT UND SECHS TAFELN.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1882.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.
(Ausgegeben am 10. November 1882.)

Inhalt.

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis.

Beiträge für die **anatomische Abtheilung** sind an

Professor Dr. **W. His** oder Professor Dr. **W. Braune**

in Leipzig, beide Königsstrasse 17,

Beiträge für die **physiologische Abtheilung** an

Professor Dr. **E. du Bois-Reymond**

in Berlin, N.W., Neue Wilhelmstrasse 15,

portofrei einzusenden. — **Zeichnungen** zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf **vom Manuscript getrennten** Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, **unter Berücksichtigung** der Formatverhältnisse des Archives, denselben eine **Zusammenstellung,** die dem Kupferstecher oder Lithographen als Vorlage dienen kann, beizufügen.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.







